АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ ФИЛОСОФИИ

ФИЛОСОФСКИЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО
АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА · 1952

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А. А. МАКСИМОВ, И. В. КУЗНЕЦОВ,
Я. П. ТЕРЛЕЦКИЙ, Н. Ф. ОВЧИННИКОВ

ОТ РЕДАКЦИИ

Советские физики имеют большие достижения. Они внесли значительный вклад в исследования световых процессов, космических лучей, свойств твердых тел и жидкости и т. д. Их усилиями была решена проблема практического использования атомной энергии. Постепенный переход от социализма к коммунизму и осуществление великих сталинских строек коммунизма предъявляют новые, все возрастающие требования к советской науке, в частности, к физике. Особенное внимание следует обратить на то, чтобы преодолеть отставание теории от практики, изжить остатки раболепия перед иностранщиной и некритическое и пассивное отношение к враждебной марксизму-ленинизму антинаучной идеологии. Эта враждебная марксизму-ленинизму идеология не только привносится в трактовку научных теорий, но и влияет на построение самих теорий, приводя некоторые отрасли науки к полному вырождению, свидетельством чего являются евгеника, педология, вейсманизм-морганизм, распространяемые в буржуазных странах.

Положение в физике в СССР требует еще большой работы и упорной борьбы за осуществление задач, поставленных историческими решениями ЦК ВКП(б) по вопросам идеологии и работами И. В. Сталина. Положение в области физики по линии теории не может считаться удовлетворительным. Об этом свидетельствует в своей, впервые публикуемой в настоящем сборнике статье академик С. И. Вавилов. Он подчеркивает, что у нас еще мало таких результатов, которые становились бы вершинами, исходными пунктами нового, широкого развития, определяли бы перспективы в важнейших неисследованных направлениях, сильно еще преклонение пред авторитетом иностранной науки. «Приходится констатировать,— отмечает С. И. Вавилов,— что в массе наши физики очень редко высказывают, по крайней мере в печатном виде, свои философские взгляды на круг важнейших явлений, раскрываемых новой физикой. Весьма слаба борьба с враждебной нам идеологией, пробирающейся вместе с конкретными научными результатами и незаметно в ряде случаев гипнотизирующей наших физиков».

То, что С. И. Вавилов писал в 1949 г., может быть отнесено и к настоящему времени. В среде советских физиков еще медленно происходят процессы, аналогичные тем, которые очистили путь для передовой науки в агробиологии, физиологии, микробиологии и в учении о клетке.

Наличие порочных воззрений в физике было вскрыто при обсуждении, например, так называемого «принципа дополнительности» Бора-Гейзенберга. Идеалистические воззрения и сейчас проникают в физику в связи с антинаучными толкованиями теории относительности. Их разоблачение ведется недостаточно энергично.

Настоящий сборник посвящен философским вопросам современной физики. Он составлен из статей, которые должны способствовать борьбе за передовую физическую теорию, борьбе с пережитками капитализма в сознании советских физиков. Поскольку, однако, в среде советских физиков еще не проделана работа, аналогичная той, которая уже дала значительные результаты в агробиологии, физиологии и некоторых других отраслях советской науки, авторам сборника приходится начинать почти с самого начала. Многие философские проблемы современной физики в настоящем сборнике ставятся впервые, так как они в нашей философской и физической журнальной литературе и в монографиях почти совсем еще не обсуждались. Авторы сборника надеются, что их выступлением будет положен конец тому «нейтралитету» советских физиков в отношении борьбы материализма с идеализмом, о котором пишет в своей статье С. И. Вавилов.

Сборник несовершенен как в отношении тематики, так и глубины трактовки затрагиваемых в нем проблем. Есть в нем и дискуссионные положения.

Несмотря на эти недочеты, сборник все же должен принести известную пользу. Обсуждение затрагиваемых в нем вопросов вполне назрело, и пора положить начало их творческому исследованию.

Редакторы и авторы надеются, что сборник поможет решению актуальных вопросов современной физики в духе идей Маркса—Энгельса — Ленина — Сталина.

I

С. И. ВАВИЛОВ

ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ И ЗАДАЧИ СОВЕТСКИХ ФИЗИКОВ В БОРЬБЕ ЗА ПЕРЕДОВУЮ НАУКУ[1]

Широкое научно-общественное движение в нашей стране, начавшееся обсуждением философских вопросов и практических результатов биологической науки на сессии Всесоюзной Академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина в августе 1948 г., захватило постепенно все отрасли знаний, в том числе и физику.

В физике фактически сосредоточивается учение о простейших и наиболее общих свойствах и явлениях внешнего мира. Для нас нет сомнений в том, что физика возникла из практики и для практических надобностей, как итог абстракции из длительных каждодневных наблюдений и опыта многих поколений людей. Такие определяющие понятия физики, как пространство, длина, время, скорость, сила, тело, перешли в физику из обыденной жизни и при этом сильно повлияли на характер всей науки.

Предельная общность значительной части содержания физики, ее фактов и законов искони сближала ее с философией. В древности почти без исключения каждый физик был одновременно философом, и обратно. При этом влияние было взаимным и очень сильным, неизбежно во многом определяясь классовыми и социальными условиями. Из идеализма аристократа Платона вырастала идеалистическая физика «Тимея»; на основе материализма так называемого рабовладельческого демократа Демокрита строилась механистическая физика. Связь физики

[1] Статья была написана С. И. Вавиловым в 1949 г. Намереваясь поместить ее в настоящем сборнике, С. И. Вавилов предполагал развить ряд затронутых в ней вопросов. Однако преждевременная смерть помешала ему осуществить задуманное. Несмотря на прошедшее с момента написания статьи время, главные положения ее остались попрежнему актуальными. Текст статьи публикуется с некоторыми сокращениями.— *Прим. ред.*

и философии длилась тысячелетия, сохраняется она и в современных условиях. Философия и физика неразделимо переплетались в научной деятельности Галилея, Гассенди, Декарта, Кеплера, Ньютона, Ломоносова, Менделеева, Умова, Планка и очень многих других.

Физика, вследствие своей исключительной общности и широты, влияя на развитие философии и сама находясь под ее постоянным воздействием, всегда имела большое, иногда решающее значение для практической деятельности человека. Эта особенность снова стоит в связи с общностью и широтой содержания физики. Законы физики, ее понятия и выводы дают в руки инженера и изобретателя систематизированный и рационализированный материал, адэкватный природе.

Если присмотреться к современной технике, то окажется, что очень большая ее часть обязана своим существованием применению физики. Таков весь механизированный транспорт, наземный, морской и воздушный, такова вся электротехника, теплотехника, все технические применения света, вся автоматика и телемеханика, значительная часть строительной техники. Современную технику поэтому можно называть «технической физикой» в несколько более широком смысле слова, чем это обычно принято.

Особая роль физики одновременно для техники и философии повлияла в значительной мере на ее непрестанный быстрый рост и вместе с тем на необычное внимание к ней. С давних пор физика, наряду с математикой, вошла как необходимая часть даже в начальное образование. Бесспорно глубочайшее и плодотворное влияние физики на развитие и формирование других естественных наук — астрономии, химии, биологии, геологии и т. д.; однако исключительность ее положения в системе наук определилась в особенности ее техническим и философским значением.

В этом состояла одна из главных причин пристального внимания к вопросам новой физики со стороны В. И. Ленина. Ему была ясна методологическая роль выводов новой физики, ее влияния на философию, а через нее — на политическую сферу. Мысли и замечания В. И. Ленина о физике, сосредоточенные в «Материализме и эмпириокритицизме» и в его «Философских тетрадях», с поражающей меткостью и глубиной осветили светом диалектического материализма те темные закоулки и извилины новой физики, в которых пытался спрятаться идеализм разных видов. Ясное, ленинское, диалектическое учение о материи развеяло туман, наведенный в начале нашего века некоторыми философствующими физиками и философами, пытав-

шимися воскрешать идеализм якобы на основе физических фактов, раскрытых к тому времени электроникой и радиоактивностью.

Физика в целом — одно из самых замечательных достижений в развитии человеческого общества. Влияние практического применения физики в современной фазе истории велико. Несомненно, оно приобретает особое, исключительное значение в том громадном историческом сознательном процессе развития общества на пути к коммунизму, в котором мы, советские люди, участвуем. При этом снова необходимо подчеркнуть важность обеих сторон влияния физики — философской и технической. К нашей физической науке, к деятельности советских физиков мы должны поэтому подходить с философским и практическим критерием.

* * *

В марте 1936 г. Академия Наук СССР проводила большую сессию, почти полностью посвященную советской физике. Ее задачей было «осветить достижения советской физики на общем фоне мировой физической науки», как было сказано во вступительном слове академиком В. Л. Комаровым. В докладах А. Ф. Иоффе, Д. С. Рождественского и моем, а также в докладах физиков-теоретиков И. Е. Тамма, В. А. Фока и Я. И. Френкеля были поставлены многие основные научные вопросы физики того времени, выдвигались и методологические проблемы и особенно подробно разобран был вопрос о связи советской физики с техникой. В широко развернувшихся прениях, а также и в самих докладах постоянное внимание обращалось именно на последнее. В прениях выступали представители промышленности, предъявившие советским физикам свои настойчивые и правильные требования.

Сейчас, спустя много лет после горячих споров 1936 г., сохраняющих теперь для нас частично только исторический архивный характер, можно с удовлетворением сказать, что в целом мартовская физическая сессия Академии Наук не прошла бесследно. Особенно полезно было ее большое влияние на решительный поворот наших физиков к запросам промышленности, техники и практики в более широком смысле. Сказалось это в результатах, достигнутых в последующие годы и в Академии Наук, и в высших школах, и в отраслевых институтах. Несомненно, усилилось конкретное участие физиков в осуществлении сталинских пятилеток. Помощь физиков особенно ясна была в работе на оборону в годы Великой Отечественной

войны. Сейчас, насколько мне известно, довольно трудно указать лабораторию или группу физиков в Советской стране, не связанную в своей работе с запросами практики и полностью ушедшую в эмпиреи так называемой «чистой науки», притом — и это особенно отрадно отметить — заключение это справедливо не только в отношении физиков-экспериментаторов, оно касается и физиков-теоретиков.

Вот почему я не вижу большой надобности ломиться в явно открытые теперь двери и лишний раз доказывать необходимость и неизбежность для советских физиков отвечать на практические запросы страны и проявлять в этом направлении инициативу. В пользе этого лично я мог убедиться еще очень давно, на фронте первой мировой войны, когда мне, только что окончившему университет, в военных радиочастях пришлось чинить и реконструировать радиостанции, разрабатывать новые методы так называемого «мешающего действия» работе немецких радиопередатчиков, придумывать новые способы радиопеленгации и т. д. Еще тогда я увидал, в этом же убедились и мои товарищи физики, бывшие на фронте, что некоторое знание физики позволяет быстро найтись и ориентироваться даже в весьма затруднительных обстоятельствах, изыскать такие пути решения, которые отклоняются от инженерного трафарета и стандарта. В той фазе техники, в которую мы вошли теперь, постоянное участие и помощь физиков во многих случаях стали необходимым условием. Об этом мы должны помнить на любом участке нашей работы.

На сессии 1936 г. обсуждались, как я уже упомянул, также некоторые философские проблемы физики, но, в отличие от положения дела в вопросе о взаимоотношениях физики и техники, на эту сторону дела сессия повлияла недостаточно. Вопрос о методологии нашей работы должен быть поставлен снова на очередь.

Философская основа и предпосылки научной деятельности физика имеют двоякое значение. Они бесспорно могут влиять на конкретную работу, на научные результаты, они могут ускорять или, наоборот, тормозить прогресс физической науки. Философский материализм Демокрита—Эпикура с их последовательным атомизмом бесспорно в очень большой степени способствовал успешному развитию всего естествознания и, в частности, физики. С другой стороны, махистско-энергетическая концепции Оствальда о фиктивности и условности атомов, его лжепредсказания о том, что «атомы будут встречаться только в пыли библиотек», явно тормозили развитие физики и химии в конце прошлого века. Идеалистическая концепция

пространства и времени задерживала развитие физики, приводила к напрасной трате сил. Наоборот, материалистическое учение о физическом пространстве—времени открыло дорогу для новой стадии развития физики. Натурфилософия Шеллинга, Гегеля и Окена увлекала физиков иногда в совсем фантастические сферы и оказала, в частности, явно отрицательное влияние на русскую физику в лице Велланского в Петербурге и Павлова в Москве.

Значительно — и в положительном и в отрицательном смысле — влияние философских выводов, извлекаемых из результатов физики, на общее мировоззрение и на другие науки. Огромно, например, было в XVIII в. влияние физики Ньютона на общее мировоззрение эпохи, на материализм XVIII в., как он выразился у Гельвеция, Гольбаха, Вольтера, а позднее у Лапласа. Однако та же самая ньютоновская физика, вследствие метафизического характера имевшихся в ней понятий пространства, времени, силы, притяжения и т. д., была использована Бентлеем, Кларком и другими подобными же «почитателями» Ньютона для распространения совершенно мистических и религиозных представлений о пространстве, для доказательства существования творца, поскольку, по словам Энгельса, «Ньютон оставил ему (творцу.—*С. В.*) еще „первый толчок“, но запретил всякое дальнейшее вмешательство в свою солнечную систему»[1].

Окончательное укрепление принципа сохранения и превращения энергии в физике в середине прошлого века обозначало великую победу материалистической философии и вносило важный вклад в развитие диалектического материализма. Вместе с тем разработка формального термодинамического метода в физике создала, как оказалось, почву для возникновения энергетики.

Иногда физические утверждения по своему характеру таковы, что их очень трудно отличить и отделить от философских утверждений, и физик обязан быть философом. Согласно часто повторяемым у нас словам Энгельса: «Какую бы позу ни принимали естествоиспытатели, над ними властвует философия. Вопрос лишь в том, желают ли они, чтобы над ними властвовала какая-нибудь скверная модная философия, или же они желают руководствоваться такой формой теоретического мышления, которая основывается на знакомстве с историей мышления и с ее достижениями»[2]. К этим словам Энгельса в наше время

---

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1950, стр. 158.
[2] Там же, стр. 165.

приходится добавить, что, как бы ни упирались философы, но ими в значительной мере, не зная часто того сами, управляют физики. Физик обязан быть философом и притом хорошим философом. Философы должны помочь физикам, ближе знакомясь с конкретным содержанием физики и сотрудничая с ними.

* * *

Конец XIX в. хронологически совпал с эпохой самого тяжелого перелома в классической физике за всю ее многовековую историю. Оказалось ошибочным положение о неизменности массы тел при их движении; масса возрастает по мере увеличения скорости. Вместе с тем совсем нежданно для физиков обнаружилась ошибочность постулата старой физики о непрерывности движения и действий. Открылись квантовые черты явлений; началась совершенно новая эпоха физики.

До сего времени физик в своих основных понятиях и представлениях опирался прежде всего на обыденный опыт. Микромир, внутреннее строение вещества мыслилось по образу и подобию макромира, мира привычных для нас предметов. В этом заключался основной, якобы «само собою» разумеющийся постулат физики прежних времен.

Усовершенствование средств наблюдения, новые методы экспериментальной физики и просто большее внимание к явлениям обнаружили, однако, резкие отклонения в них от привычной обыденной схемы.

Среди самих физиков, находивших новые закономерности, но воспитанных в традициях старой физики, царили, в связи с этим, в течение долгого ряда лет растерянность и недоумение. Создатель теории квантов, открывший в 1900 г. существование кванта действия, Макс Планк, в течение почти 20 лет в сущности сражался против квантов, пытался «спасти положение», т. е. вернуться к прежней физике. Младшее поколение современных физиков не всегда знает, что второе издание основной книги Планка «Тепловое излучение» написано на основе представлений о непрерывном «классическом» поглощении света и только для излучения допускается квантовый характер. В качестве примера воззрений физиков того времени могу упомянуть, что моя первая печатная книга «Действия света», вышедшая в 1922 г., вся написана на основе этого, планковского, представления о непрерывном «классическом» поглощении света. Пытались ставить под сомнение все экспериментальные следствия теории относительности, в частности зависимость массы

движущегося тела от скорости. Физики не сдавали без боя ни шага в старой привычной крепости.

«Материализм и эмпириокритицизм» написан в 1908 г., в самый разгар обороны старых позиций физиками. Весьма замечательно, что В. И. Ленин определенно не стал на сторону этих «староверов». Книга написана В. И. Лениным по поводу многочисленных попыток философов и философствующих физиков использовать новые физические факты для воскрешения идеализма. Энергетизм и аналогичные течения вырастали, как мне уже приходилось отмечать, главным образом на основе формализма термодинамического метода, широко процветавшего среди физиков к концу XIX в. Этот сам по себе безупречный и даже могущественный метод теоретической физики получил, однако, свое методологически искаженное отображение в философии Маха, Оствальда, Авенариуса и других, примерно так же, как это случилось с динамической схемой Ньютона в интерпретации Бентлея и Кларка.

На этой почве, как сказано, некоторыми философами, а также и не философами с энтузиазмом были встречены факты новой физики, доказывающие якобы «дематериализацию» материи. «...Нельзя взять в руки литературы махизма или о махизме,— замечает В. И. Ленин,— чтобы не встретить претенциозных ссылок на новую физику, которая-де опровергла материализм и т. д. и т. п.»[1]. «Основная идея рассматриваемой школы новой физики,— пишет В. И. Ленин в другом месте своей книги,— отрицание объективной реальности, данной нам в ощущении и отражаемой нашими теориями, или сомнение в существовании такой реальности»[2]. Ленин приводит в многочисленных цитатах конкретные доказательства своего тезиса. Идеалистический поток хлынул и в русскую предреволюционную литературу; достаточно просмотреть довольно большую физико-философскую оригинальную и переводную русскую литературу того времени. Для появления идеализма в физике были две причины: одним этот идеализм был выгоден, а другие не знали никакого иного материализма, кроме элементарного механицизма, метафизического материализма.

Нам известен выход из кризиса, указанный В. И. Лениным в его книге. Этот путь — сознательный переход от материализма метафизического к материализму диалектическому.

Движущиеся неизменные массы классической физики — совсем не единственно возможный вид материи, а меха-

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 238.
[2] Там же, стр. 290.

нический материализм — не единственная форма материализма.

«Ошибка махизма,— по словам Ленина,— ...состоит в том, что игнорируется... различие материализма метафизического от материализма диалектического. Признание каких-либо неизменных элементов, „неизменной сущности вещей“ и т. п. не есть материализм, а есть *метафизический*, т. е. антидиалектический материализм... Чтобы поставить вопрос с единственно правильной, т. е. диалектически-материалистической, точки зрения, надо спросить: существуют ли электроны, эфир *и так далее* вне человеческого сознания, как объективная реальность или нет? На этот вопрос естествоиспытатели так же без колебания должны будут ответить и отвечают постоянно *да*... Но диалектический материализм настаивает на приблизительном, относительном характере всякого научного положения о строении материи и свойствах ее, на отсутствии абсолютных граней в природе, на превращении движущейся материи из одного состояния в другое, повидимому, с нашей точки зрения, непримиримое с ним и т. д.»[1].

Этот вывод В. И. Ленина имеет для нас решающее и руководящее значение в отношении не только физики начала нашего века, но и физики наших дней. В. И. Ленин настойчиво указывает в своей книге, что всякие «неизменные субстанции» — только «плод незнания диалектики», и формулирует известное утверждение о *неисчерпаемости* электрона и атома, о «бесконечности материи вглубь», как записывает он на полях своего конспекта «Науки логики» Гегеля.

* * *

На материале физики начала нашего века В. И. Ленин с полной ясностью раскрыл те тупики и пропасти, в которые неизбежно попадает физик или философ, сбиваясь с дороги диалектического материализма в область механицизма и идеализма.

Сюрпризы новой физики, раскрывшиеся к концу XIX и в начале XX в., оказались, впрочем, только преддверием того, что развернулось на наших глазах в области физики за последнее десятилетие. Я не имею возможности и не предполагаю здесь излагать замечательные этапы истории физики в XX в. до последнего дня. Ограничусь лишь напоминанием некоторых фундаментальных новых фактов, несомненно имеющих глубочайшее принципиальное значение.

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 247—248.

1. Строение молекул, атомов и атомных ядер определяется квантовыми законами.

2. Силы, сдерживающие составные части ядра (нейтроны и протоны), имеют особую, до сих пор не выясненную природу, отличаясь от сил электромагнитных и гравитационных.

3. Свет обладает волновыми и корпускулярными свойствами.

4. Частицы вещества, так же как и свет, имеют двоякую — корпускулярную и волновую — природу.

5. Частицы вещества могут превращаться в свет и обратно.

Для физиков ясно, что этот перечень можно было бы значительно пополнить, но также нет сомнения в том, что все перечисленные факты имеют фундаментальное значение.

Такой список мог бы привести в оцепенение физика XIX в. Не абсурд ли единство корпускулярных и волновых свойств материи? Как может свет превращаться в вещество?

Требуется большая сосредоточенность и внутренняя борьба с укоренившимися привычками обыденного мышления, чтобы спокойно рассмотреть и обдумать раскрывающиеся перед нами явления и согласиться, что перед нами не абсурд, а действительная природа во всей ее диалектической сложности и подвижности. Она не может испугать физика, действительно твердо стоящего на почве диалектического материализма. Прежде всего именно неожиданность, диковинность раскрывающейся картины мира есть один из серьезных аргументов объективности этого мира. В идеалистических натурфилософских системах от Шеллинга до Эддингтона предполагалось, что мир может быть постигнут размышлением физика и философа, хотя бы запертых в темную комнату. В этом идеалистическом мире все предусмотрено, все соответствует мышлению. Мир с нежданными свойствами нарушает такую идеалистическую концепцию. «...Материалистическое мировоззрение,— говорит Энгельс,— означает просто понимание природы такой, какова она есть, без всяких посторонних прибавлений...»[1]. Надежды механистов на то, что природа и в микромире окажется в основном такой же, как и в мире обыденных явлений, были, конечно, «посторонним прибавлением», говоря словами Энгельса. Микромир оказался существенно отличным от макромира. Наши понятия надо менять, приспособлять к этому открывшемуся перед нами миру. Эти понятия, если к ним применить замечание Ленина в «Философских тетрадях», «должны быть также обтесаны,

---

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1950, стр. 157.

обломаны, гибки, подвижны, релятивны, взаимосвязаны, едины в противоположностях, дабы обнять мир»[1].

Сумели ли мы, физики, подойти именно так к новому, открывшемуся перед нами проявлению диалектики природы? Приходится сознаться, что, к сожалению, во многих случаях не сумели.

Мы твердо уверены в ошибочности мнения механистов, желающих с привычными образами и выводами макромира проникнуть в микромир, но, так же как и они, вынуждены все же пользоваться при изучении микромира такими понятиями прежней физики, как понятие частицы, скорости, силы и т. д. Делать это приходится потому, что у нас нет еще адэкватных новому миру явлений и привычных для нас понятий.

Ясно, конечно, что если поток света или поток электронов обладает одновременно и свойствами беспорядочного чередования частиц и признаками регулярных волн, то свет и электроны в действительности не могут быть ни частицами, ни волнами, а должны быть каким-то диалектическим образованием, «единым в противоположностях». Между тем современный физик вынужден пользоваться почти всем арсеналом понятий, связанных с изолированными частицами и волнами.

* * *

Трудности в развитии современной физики используются за рубежом для насаждения различного рода антинаучных воззрений, идеализма и мистики.

Насаждение идеализма разных видов и формаций прямо стимулируется реакционными классами загнивающего капиталистического общества.

Я приведу несколько примеров использования фактов новой физики для воскрешения и развития идеализма, мистицизма и прочих родственных течений.

Начну с довольно старой книги 1935 г. «Свобода человека», написанной Артуром Комптоном, открывшим всем нам известный «комптоновский эффект». Лейтмотив этой книги как раз и состоит в эффекте Комптона, но трактуется этот эффект в данной книге не столько с физической, сколько с богословской точки зрения. Автор рассматривает открытое им явление как экспериментальную основу соотношения неопределенностей. Последнее же он толкует как выражение индетерминизма элементарных явлений. Экспериментатор Комптон забывает

---

[1] В. И. Ленин. Философские тетради, 1947, стр. 121—122.

при этом о привычном для физика требовании философской и физической точности и аккуратности. В простейших физических явлениях наличие причинной связи или, наоборот, отсутствие ее может быть установлено, если при соблюдении совершенно одинаковых начальных условий получается, или не получается тот же самый результат. Комптон забывает, что соотношение неопределенностей утверждает как раз, что начальные условия (в классическом механическом смысле) для элементарной частицы никогда не могут быть в точности установлены. Следовательно, из самого же соотношения неопределенностей логически вытекает, что нет возможности проверить или опровергнуть строгую каузальность в этом случае, вернее, нет смысла об этом говорить, если считать вещество и свет частицами или волнами последовательно и до конца. Артура Комптона, как и других многих охотников до индетерминизма, это логическое обстоятельство мало беспокоит. Невозможность трактуется как индетерминизм. Из такого якобы доказанного индетерминизма следуют далее чисто теологические выводы, о характере которых можно вполне судить по содержанию книги: 1) свобода и закон, вековой конфликт, 2) что определяет наши действия, 3) разум в мире природы, 4) место человека в божьем мире, 5) смерть или жизнь вечная?

Таким способом на основании опытов с рассеяниями лучей Рентгена доказывается бессмертие души! Книга Комптона кончается стихотворными религиозными гимнами и по своему характеру предназначена для самых широких кругов. Перед нами, следовательно, редкий по наглядности пример превращения экспериментального результата новой физики в орудие самой неприкрытой идеалистической и религиозной пропаганды.

Перехожу к другому, более близкому к нам по времени примеру. В 1940 г. в Филадельфии вышла книга шведского астронома Густава Стромберга, натурализовавшегося в США и работающего в обсерватории Моунт Вильсон. Книга называется «Душа Вселенной», она снабжена одобрительным предисловием известного американского астрофизика Адамса. Во введении автор упоминает, что он особенно обязан Эйнштейну за его поддержку и деловую критику. В этой книге автор, на основании данных современной физики, биологии и астрономии, пытается, так сказать, сделать разрез через всю Вселенную. В книге можно видеть, как, злоупотребляя фактами новой физики, автор совершенно необоснованно и произвольно переносит их в биологию и, наоборот, цитологические наблюдения пытается распространить на Вселенную. Предисловие автор кончает такими словами: «Наиболее важный результат настоящего

исследования состоит в том, что индивидуальная память, вероятно, не разрушима и что сущность живых элементов, вероятно, бессмертна. Исследование приводит неизбежно к заключению, что существует мировая душа или бог». В книге Стромберга в конденсированной форме перемешаны худшие идеалистические выводы, якобы получаемые из новой физики, моргановская биология и данные астрономии. Все это вместе взятое предназначается для широких масс.

Перейду ко времени, еще более близкому. В 1946 г. в Ирландии появилась небольшая, но весьма симптоматичная книга известного философа и физика Эдмунта Уайтеккера «Пространство и дух». Эта книжка — конспект лекций, читанных автором в Дублинском университете в 1946 г. Книга начинается такими словами: «Наиболее сильные доказательства существования бога даны в так называемых „Пяти тропах“ святого Фомы Аквинского, который за исходную точку берет существование внешнего мира и различными путями ведет к мысли о божестве». Содержание книги Уайтеккера — это реставрация на основе данных новой физики, теории относительности и теории квантов, концепции богослова XIII в. «Цель этой книги,— кончает автор свое произведение,— указать для теологов, не занимающихся наукой, какие еще имеются препятствия, а для ученых исследователей, что эти препятствия менее значительны, чем порой предполагается. Более глубокое понимание природы, материальной вселенной, достигнутое в результате научных открытий, обнаружило новые перспективы и возможности для проповеди веры в бога».

Цитированные мною книги характерны тем, что они прямо называют вещи своими именами. По этим примерам, взятым наугад, можно с полной ясностью понять, к какой «философии» стремятся повернуть новую физику в капиталистических странах прежде всего некоторые физики, а вместе с ними философы и, конечно, богословы. Еще чаще, не в книгах, предназначенных для широких кругов, а в научных статьях, публикуемых в специальных журналах, та же тенденция, тот же идеализм в разных видах проглядывают в завуалированных, не явных формах. Специалистам физикам, читающим иностранные научные журналы, известны многочисленные высказывания такого рода со стороны самых крупных физиков и астрономов, в особенности теоретиков. Можно привести (и это не раз делалось в нашей печати) длинный список цитат явно идеалистического характера об индетерминизме элементарных процессов, о неприменимости понятий пространства и времени к областям, где действует соотношение неопределенностей, об ограниченно-

сти мира и т. д. Высказывания эти принадлежат Бору, Гейзенбергу, Дираку, Шредингеру, Эддингтону, Джинсу и очень многим другим видным физикам и астрономам. Высказывания такого рода нетрудно найти и в русских переводах соответствующих книг и статей, появившихся в течение примерно двух последних десятилетий. Напомню только недавний русский перевод брошюры Шредингера «Что такое жизнь?», широко обсуждавшейся в связи с дискуссией о биологических науках. В 1948 г. в новом австрийском физическом журнале «Acta Physica Austriaca» появилась большая историко-философская статья Шредингера под заглавием «Особенности картины мира естествознания». В этой статье высказывается многое, казалось бы приемлемое с материалистической точки зрения, но достаточно заглянуть в заключительный раздел статьи, озаглавленной «Атеизм естествознания», чтобы понять завуалированные намерения автора. Эти намерения примерно те же самые, что и в последней главе брошюры «Что такое жизнь?». «Личному богу,— читаем мы здесь,— не место в картине мира, который и достигается только исключением из нее всего личного. Мы знаем, что когда бог переживается, то он составляет столь же реальное переживание, как непосредственные ощущения, как собственное „я“. Но, как это последнее, он не может быть в пространстве и времени. Я не нахожу бога, говорит честный мыслитель-естествоиспытатель, и за это его бранят те, в катехизисе которых написано: „бог есть дух“».

Из приведенных мною примеров, думаю, с достоверностью следует, что для развития физики и естествознания в целом в капиталистическом мире создается сейчас значительная угроза.

* * *

Перехожу теперь к главной теме о состоянии советской физики, в особенности к вопросу о ее методологии, и к задачам, стоящим перед советскими физиками.

За советские годы наша физика чрезвычайно выросла по сравнению с физикой дореволюционной России. Воспитался громадный отряд молодых специалистов по самым разнообразным разделам современной физики, хорошо выполняющий выдвигаемые перед ним научные и технические задачи. Строгим испытанием нашей физики были годы сталинских пятилеток и время Великой Отечественной войны. Испытание это было выдержано.

Советская физика имеет в списке своих достижений длинный ряд замечательных, общепризнанных результатов.

Теперь мы можем сказать одно: перед советскими физиками стоит высокая цель, поставленная товарищем Сталиным перед советскими учеными в его выступлении на предвыборном собрании 9 февраля 1946 г.,— достигнуть в ближайшее время такого состояния, чтобы наша наука заняла первое место в мире. К этой цели мы и стремимся.

Мы усматриваем еще многие недостатки в нашей работе. В области физики у нас еще мало таких результатов, которые становились бы вершинами, исходными пунктами нового широкого развития, определяли бы перспективы в важнейших неисследованных направлениях. Такие результаты свойственны физике по самому ее существу, и советская физика должна и может дать многие образцы именно такой работы. Нам известны также отдельные недочеты наших работ, несовершенство методов, отсутствие в ряде случаев желательного технического конца и т. д. У нас еще имеются «белые пятна» на поприще физики, не представленные достаточными кадрами, и, наконец,— и это особенно неприятно отмечать,— у нас еще сильно преклонение перед авторитетом иностранной науки. С этим преклонением воевал еще Ломоносов, но оно все же явно или украдкой дожило и до наших дней.

Формы такого преклонения или необоснованного и слепого признания авторитета разнообразны. Для многих физиков до недавнего прошлого, например, особое значение имело то обстоятельство, что их работы процитированы в английских, американских, немецких журналах, хотя часто такое цитирование вовсе не свидетельствовало о знании самой цитируемой работы, а только о том, что эта работа упоминалась в соответственном библиографическом справочнике. Факт напечатания советской статьи в иностранном журнале считался многими признанием de jure научного достоинства работы, хотя в отдельных случаях на обложке иностранного журнала извещалось, что редакция не отвечает за содержание печатаемых статей, и было известно, что многие якобы авторитетные журналы печатали весьма недоброкачественный материал. Иностранная статья по тому или иному вопросу, иногда при очень невысоком ее качестве, все же имела некоторый вес у нас только потому, что она была иностранная.

Другой формой сугубого признания авторитета иностранной науки было невнимание и даже в некоторых случаях презрение к отечественной научной литературе. Наши собственные научные журналы читались и изучались очень мало. Для многих научная истина и авторитет казались локализованными только в иностранной литературе. Этот недостойный самогипноз

становился особенно уродливым и нетерпимым по мере качественного и количественного роста нашей науки. Примерно до 1935 г. весьма значительная часть нашей продукции публиковалась за границей. Результаты такого положения дела теперь, в итоге широкого общественного обсуждения, стали хорошо известными. Без всяких серьезных оснований наши ученые сами способствовали принижению достоинства своей же науки, приучали иностранцев к высокомерному, снисходительно-покровительственному отношению к русским ученым и к русской науке в целом.

В длинном списке нобелевских лауреатов с начала XX в., в котором, наряду с действительно выдающимися лицами, стоят иногда и средние ученые, нет ни одного русского физика. Нобелевскую премию не получил А. С. Попов, хотя она присуждена Маркони и Брауну. Среди нобелевских лауреатов нет Менделеева, хотя среди них очень много лиц значительно меньшего значения в науке. Нобелевской премии не получил П. Н. Лебедев — общепризнанный лучший физик-экспериментатор в мире в начале нашего века. Нобелевская премия за открытие комбинационного рассеяния света присуждена индусу Раману, но в списке лауреатов нет Мандельштама и Ландсберга, открывших то же явление одновременно с Раманом, как это установлено и признано в мировой научной печати. По приведенным примерам едва ли приходится сомневаться в преднамеренном обходе представителей нашей науки при присуждении нобелевских премий.

Таков один, но вполне достаточный пример результатов, к сожалению, встречающегося среди наших физиков преклонения перед западным научным авторитетом. Существуют и другие не менее плачевные итоги, к ним относятся многочисленные, фактически потерянные важные приоритеты, которые теперь с трудом, по архивным данным, приходится восстанавливать. Стоит только напомнить имена Ломоносова, Ползунова, Петрова, Шиллинга, Якоби, Лодыгина, Попова, Умова, Розинга и очень многих других, если ограничиться одной физикой.

Проблема борьбы с «преклонением» не новая. Хорошо известно, что ее во весь рост два века назад ставил Ломоносов, выдвигали ее снова много раз и в XIX и в XX вв. В частности, говорили о ней и на мартовской сессии Академии Наук в 1936 г. В заключительном слове по моему докладу на этой сессии мне пришлось высказываться на эту тему. Указывая на недоверие к советской науке со стороны иностранцев, я должен был отметить: «да существенно ли оно, это недоверие? Надо научиться самим быть собственными строгими судьями». С теми же словами

я могу обратиться и теперь к физикам. Дело, к сожалению, в том, что «преклонение перед Западом» продолжает еще заметно тлеть под кучей сгоревшего раболепия.

Перед нами стоит важная задача произвести тщательную переоценку прежних итогов нашей науки, воскресить забытые и в свое время неоцененные замечательные отдельные достижения прошлого. Важнее всего в настоящем и будущем с бо́льшим вниманием и уважением относиться к работе наших товарищей и бросить рабскую привычку преувеличивать достоинства иностранной науки только потому, что она иностранная. Мы высоко чтим и знаем большое благотворное влияние Ньютона, Френеля, Планка и других, но пора нам в полной мере одновременно высоко чтить нашего Ломоносова, нашего Лобачевского, нашего Менделеева, нашего Лебедева. Наша страна, впервые в мировой истории построившая социализм по плану великой научной мысли Ленина и Сталина, страна, создающая новую, социалистическую культуру, имеет свою собственную великую науку.

* * *

Одно из самых опасных и ядовитых последствий слепого подчинения авторитету иностранной науки — это глубокое проникновение в нашу научную литературу, вместе с конкретными, иногда очень важными и полезными научными иностранными результатами, также идеологии современного капиталистического мира.

Неприглаженная история науки свидетельствует, как мне уже приходилось отмечать, что почти каждый новый большой принципиальный шаг в развитии физики в капиталистическом обществе сопровождается попытками приспособить научные результаты для идеалистических или просто откровенно религиозных построений. Ввиду важности этого тезиса я должен еще раз напомнить некоторые факты.

Ньютоновская теория тяготения послужила в Англии XVIII в. Бентлею для богословских лекций и для организации целого религиозного движения. Термодинамика использовалась в Европе для доказательства конечности существования мира, а в дальнейшем — для развития махистской философии. Учение об электричестве и магнетизме давало по всему миру пищу для месмеризма, медиумизма и прочих видов мистического шарлатанства конца XVIII и значительной части XIX в. Учение о многомерных геометриях использовалось рядом физиков, астрономов и химиков в Англии, Германии и в России для истолкования спиритических явлений. Теория электро-

нов, радиоактивность, некоторые следствия теории относительности вызвали ту волну идеализма, которая показана и разоблачена в книге Ленина. В условиях империализма многократно усилились такого рода поползновения приспособить науку и ее последние достижения для новой агрессии идеализма, для насаждения антинаучной идеологии.

Нет надобности углубляться в изучение «механизма» такого приспособления новейших данных науки для целей, науке совершенно чуждых. В большинстве случаев грубо или, наоборот, ловко используются небрежность и неточность в применениях таких понятий, как материя, масса, энергия, сила, причина и т. д. Немалое значение имеет также исходная философия автора физического результата. Казалось бы, совершенно не философская, физическая истина, вроде факта падения тел или постепенного охлаждения нагретых предметов, может служить при соответствующей философии основой мистических построений.

Было бы совершенно несправедливым и фактически неверным приписывать такие злоупотребления физическими результатами, а также неточностями понятий нашей науки только лицам, стоящим вне физики. Во многом, как об этом пришлось и ранее говорить, виноваты сами творцы физических теорий и другие физики. Ньютон сам в своих богословских экскурсах в «Началах» и в «Оптике» применял физические факты и выводы для религиозных домыслов. Создатели современной квантовой механики Бор, Шредингер, Гейзенберг сознательно поставили вопросы об индетерминизме элементарных явлений, о физической интерпретации свободы воли, о неприменимости пространственно-временных представлений к ряду физических процессов.

В дореволюционной русской физике, среди тогдашних ученых были вполне очевидные идеалисты, публично и печатно декларировавшие этот свой идеализм; немало было приверженцев философии эмпириокритицизма. Достойно внимания, однако, что идеализм разнообразных оттенков был во многих случаях наносным, заимствованным за границей. Своя собственная философия русских физиков еще со времен Ломоносова была материалистической. Это ясно видно на примере деятельности Ломоносова, Лобачевского, Петрова, Ленца, Менделеева, Столетова, Умова, Лебедева и других. Этот материализм решительно и твердо противопоставлялся идеализму.

После Октябрьской революции у нас, как известно, широко и быстро начал изучаться диалектический материализм. Нельзя, впрочем, сказать, что проникновение диалектического

материализма в сознание советских физиков проходило без сопротивления. Явная или замаскированная борьба с ним велась как скрытыми идеалистами, так и явными и скрытыми механистами. С этапами этой борьбы можно познакомиться, например, на страницах журнала «Под знаменем марксизма», а также и в других периодических и непериодических изданиях.

Но усваивая диалектический материализм, большинство наших физиков почти никогда не высказывается по принципиальным физико-философским проблемам.

В то же время физики в капиталистических странах вовсе не безмолвствуют. Там печатается большое число книг по философским проблемам, связанным с физикой. Помимо того, в специальных монографиях и руководствах философские взгляды авторов высказываются обычно в ясной, хотя и сжатой форме. Многие научные мемуары таких авторов, как Шредингер, Гейзенберг, Эддингтон и другие, часто содержат также и философскую часть. Советским физикам знакома эта обширная литература по оригиналам и отчасти по переводам, и не приходится сомневаться в том, что философские мнения и взгляды, выражаемые иностранными физиками, не проходят бесследно для развития физических теорий. Эта философия, в большинстве случаев носящая явно идеалистический отпечаток, пагубно сказывается на движении физики вперед.

Как же реагируют советские физики на идеалистические философские высказывания в иностранной физической литературе? В большинстве случаев им не дается отпора. В этом можно убедиться, если просмотреть нашу печатную физическую продукцию, даже фундаментальные сочинения, в которых, казалось бы, принципиальные философские позиции должны быть определены с необходимостью, если только этого не избегать сознательно. Вот, например, большой курс теоретической физики, написанный Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшицем. Курс состоит из пяти томов— «Механики», «Статистической физики», «Механики сплошных сред», «Теории поля» и «Квантовой механики». В этом курсе с большой подробностью изложено большинство основных вопросов современной физики, имеющих первостепенное методологическое значение. Однако ни в одном из вышедших томов этого курса мы не встретим достаточного философского рассмотрения основных физических проблем, разбираемых в книге. Авторы взяли за правило при изложении любого, сколь угодно общего и широкого вопроса возможно быстрее формулировать исходные предпосылки и далее спокойно двигаться по рельсам конкретных задач и приложений. Даже в вводном, первом томе, при определении за-

дачи теоретической физики авторы считают возможным ограничиться в сущности тавтологической фразой: «Теоретическая физика ставит своей целью нахождение физических законов, т. е. установление зависимости между физическими величинами». Эту мало что значащую фразу можно толковать даже как декларацию махистских, позитивистских позиций авторов. Во введении в теоретическую физику нет ни одного слова о точке зрения материалистической диалектики, об объективности мира, о соответствии между математической структурой теоретической физики и действительной сущностью явлений природы. В томе, посвященном теории поля, авторы обходят сложные перипетии истории развития учения о поле, о так называемом «действии на расстоянии» и пр. Так, совершенно формально, без изложения сложной физико-философской борьбы, концентрированной, например, в именах Больцмана, с одной стороны, Оствальда и других — с другой, трактуется статистическая физика. Так же, формально, изложена и квантовая механика. Как понимать молчание авторов? — Как желание разделить физику и философию? Но при самых добрых намерениях это неосуществимо, как уже об этом коротко пришлось говорить раньше. Философия, даже почти бессознательная, все равно проглядывает сквозь авторский формализм. В теории поля авторы приходят, например, к выводу, что «элементарные частицы не могут иметь конечных размеров, а должны рассматриваться как геометрические точки»[1]. Такой вывод à la Бошкович физически и философски едва ли постижим и во всяком случае требует и физического, и философского комментария, особенно в учебниках. Иначе читатель книги физик и философ вправе сделать заключение, что для Ландау и Лифшица «пространство перестает быть формой существования материи» или что элементарных частиц просто не существует, так как в математической точке ничего не может находиться. Обязанность советского физика — быть внимательным и тщательным в своих формулировках не только с физической, но и с философской точки зрения.

Перейду к другому примеру, к большому курсу «Статистической физики» Я. И. Френкеля, опубликованному новым изданием в 1948 г. В этом громадном томе, объемом около 50 печатных листов, в котором, по словам предисловия, автор «старался не заслонять физической сущности сложным математическим аппаратом», содержится большой и очень интересный научный материал. Вместе с тем, так же как и в курсе Ландау

---

[1] Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц. Теория поля, 1948, стр. 34.

и Лифшица, философская сторона дела, вероятно намеренно, обходится, словно наложено некое «табу» на философские высказывания по самым острым вопросам современной физики. Я говорю, «вероятно намеренно», так как в прежних книжках Я. И. Френкель часто выступал на философские темы, нередко впадая, впрочем, в грубые философские ошибки идеалистического характера, неоднократно отмечавшиеся в нашей печати.

Вопросы статистической физики относятся к кругу трудных с методологической стороны проблем. Но, конечно, тем важнее разобрать именно эту сторону вопроса.

Принято говорить,— так говорит и Я. И. Френкель,— что в учение о газах понятие вероятности вторгается только вследствие практической затруднительности точно описать начальное состояние исследуемой системы, в то время как в атомной физике мы встречаемся с принципиальной невозможностью описания, связанного с одновременным указанием координат и скоростей частиц. Но различие статистики газов и статистики атомных явлений заключается вовсе не в том, что в первом случае понятие вероятности вводится только по практическим соображениям, а во втором — принципиально. В газах законы вероятности приходится ввести постольку, поскольку несомненно, что начальные состояния молекул при их большом числе распределены по законам статистики, но разве не по таким же соображениям законы статистики вводятся и в описание атомных явлений? Если, наблюдая диффракцию света или электронов, мы не можем сказать, почему данный фотон или электрон попал именно в данную точку диффракционной картины, то степень нашего незнания такая же, как и в том случае, когда мы не можем сказать, почему данная молекула имеет данные координаты и импульсы. Иными словами, мне кажется, что с методологической точки зрения, несмотря на глубокое различие двух задач, мы встречаемся принципиально с одной и той же ситуацией.

Я был вынужден коротко остановиться здесь на этих вопросах потому, что обычно принято о них молчать. Так это делается и в книге Я. И. Френкеля. Не делая никаких разъяснений философского характера, Я. И. Френкель предпочитает укрыться за термин «поведение», которым он предлагает заменить понятие «движение» в отношении элементарных частиц (стр. 548). Посредством такого филологического рецепта Я. И. Френкель якобы обходит трудности и затем с поразительной лаконичностью на двух страницах своей очень большой книги разделывается с методологически трудным соотношением неопределенностей (стр. 549).

В новом издании своей «Статистической физики» Я. И. Френкель устранил многие ошибочные философские высказывания, встречавшиеся в прежних изданиях его «Волновой механики». Однако для нашей науки полезнее было бы, если бы ошибки устранялись не просто посредством умолчания о философской стороне дела, а ясным изложением новой точки зрения автора.

Как естественный результат молчания наших физиков по философским вопросам должны рассматриваться дефекты многих наших книг и статей по физике, состоящие в недопустимой с философской точки зрения невнимательности к применяемым понятиям. Повинны в этом очень многие, в том числе и я сам; в моих книгах и в переводах прежних лет можно найти примеры неправильного отождествления массы и материи и другие методологические ошибки. В недавно вышедшей книге М. В. Волькенштейна «Строение молекул» свет противопоставляется материи, что в буквальном смысле составляет, разумеется, философский нонсенс. Эту ошибку можно встретить очень часто и у других авторов. В книге Д. А. Франк-Каменецкого «Энергия в природе и технике» (1948 г.) неоднократно говорится о превращении массы в энергию или вещества в энергию. Эта ошибка также очень распространена, и можно процитировать длинный ряд различных учебников и книг, в которых мы встречаемся с тем же ляпсусом. Очень распространен термин «аннигиляция» для обозначения процесса превращения вещества в свет. В этом термине снова скрывается идеалистический корень, так как nihil, как известно, значит «ничто».

Надо заметить, что идеалистическая засоренность нашего физического языка вовсе не мелочь. Она иной раз невольно толкает на выводы идеалистического оттенка.

Еще большая ошибка, в которой особенно повинны наши физики—переводчики и редакторы, состоит в том, что, выпуская ряд сочинений Дирака. Гейзенберга, Эддингтона и других, они не сочли нужным высказать свое отношение ко многим, явно идеалистическим концепциям этих ученых. Наоборот, особенно за прежние годы, в предисловии редакторов и переводчиков к таким книгам можно найти одобрение печатаемых книг в целом.

Приходится констатировать, таким образом, что в массе наши физики очень редко высказывают, по крайней мере в печатном виде, свои философские взгляды на круг важнейших явлений, раскрываемых новой физикой. Весьма слаба борьба с враждебной нам идеологией, пробирающейся вместе с конкретными научными результатами и незаметно в ряде случаев гипнотизирующей наших физиков. Философская сторона совре-

менной физики приобретает между тем настолько серьезное значение и *для самой физики*, и для философии, и для других наук, что на этом участке совершенно необходима очень большая активность.

* * *

К сожалению, среди ряда советских физиков распространено догматическое отношение к современным физическим теориям. Им кажется, что достигнута почти абсолютная истина, некоторый «потолок» естествознания, если не говорить о деталях, о явлениях другого масштаба малости. Вместо старого Ignorabimus Дюбуа Раймона теперь прокламируется канон, найденная якобы полная истина, у которой остается только завершить некоторые подробности.

Принять и примириться с этим нельзя прежде всего потому, что, по Ленину, материя «бесконечна вглубь» и «неисчерпаема». Догматизм, принятие относительной истины за абсолютную, имел место не раз в развитии нашей науки. В XVIII и XIX вв. принципиальные законы явлений казались навсегда установленными физикой Ньютона. В эпоху увлечения термодинамикой, во второй половине XIX в., многим казалось, что построенная на макроскопических понятиях — энергии, энтропии, свободной энергии и прочих термодинамических функций — физика безупречно и «полно» все описывает, что существует гармония между теорией и экспериментом. Как хорошо известно, физика Ньютона потерпела принципиальное поражение на явлениях электродинамики, в особенности электродинамики движущихся сред. Завершенность и полнота оказались кажущимися. Точно так же должна была принципиально капитулировать и макроскопическая физика термодинамического типа перед фактами статистического флюктуационного характера.

При этом существенно меняется понимание характера ранее установленных законов физики.

Догматизм значительной части современных физиков-теоретиков ничем не оправдан. Нельзя, повидимому, даже утверждать внутренней непротиворечивости существующих теорий. Трудности с бесконечностями в проблеме действия электрона самого на себя даже в таких задачах, как теория атома водорода, приводят к необходимости прибегать к необоснованным операциям, аналогичным отбрасыванию всех членов, кроме первого, в расходящемся ряде. Операция оправдывается только совпадением результатов с опытом, но даже и в этой части начинают обнаруживаться трещины.

От воображаемой «полноты описания», в сущности, неда-

леко до кантовской непознаваемой «вещи в себе», и псевдоабсолютная истина превращается в Ignorabimus.

Остановимся, однако, на «гармонии» между теорией и опытом, провозглашаемой некоторыми физиками. Гармония эта носит довольно своеобразный характер, поскольку теория дает статистические предсказания, а эксперимент — статистические данные для теории. Теория предсказывает, например, что имеется такая-то вероятность попадания фотона или электрона в данное светлое пятно диффракционной картины, но теория не знает с достоверностью, произойдет ли попадание фотона и электрона на данное пятно за ограниченный промежуток времени. С нашей привычной точки зрения, которая кажется нам единственно правильной, статистическое знание никогда не есть полное знание. Между тем современная квантовая механика, вернее, физики, ею занимающиеся, догматически утверждают, что указанное статистическое знание составляет «потолок». Стремление продвинуться за этот «потолок» объявляется бессмысленным.

Ранее мне уже пришлось коснуться вопроса о будто бы глубочайшем различии статистики в классической физике, например в учении о газах, и в квантовой физике, например в учении об атомном ядре. Как я уже говорил, я считаю, что различие в этих двух случаях сводится к тому, что в классической задаче мы имеем дело с выражением беспорядочности координат и скоростей, в квантовой же задаче мы до сих пор не знаем, какому свойству следует приписать беспорядочный характер наблюдаемых явлений, точно так же как, во времена открытия броуновского явления ботаником Броуном, никто не знал, от чего зависит хаотический беспорядок движения частиц, взвешенных в жидкости.

Такое незнание в области атомных явлений формально связывают с соотношением неопределенностей, но, пожалуй, яснее всего и очевиднее всего оно из нашего неведения «моделей» вещества и света, обладающих сразу свойством регулярных волн и хаотического потока корпускул. В своем докладе «Позитивистские и реалистические тенденции в философии и физике» в 1938 г. Поль Ланжевен говорил: «Я думаю, что спрашивать, каково одновременно количество движения корпускулы и ее положение, это значит ставить неправильный вопрос. Я думаю, что если мы не получаем ответа, то мы должны заключить не то, что имеется некий принцип неопределенности законов природы, но только то, что в области атома нет ничего, что было бы бесконечно малым и соответствовало бы идее индивидуализируемого объекта, введенного классической механикой».

В отношении всяких «потолков» и Ignorabimus'ов не только следует быть осторожными, но просто надо решительно от них отказаться. История физики в этом отношении очень поучительна. До опыта ни один теоретик не догадался о существовании радиоактивности; квантовые черты в природе раскрывались теоретиками тоже только на основании опыта. Физик должен иметь надежду и даже уверенность узнать природу материи значительно глубже, чем мы ее знаем теперь.

* * *

Я перейду теперь к выводам практического характера. Некоторые из них, думаю, становятся вполне очевидными после сказанного ранее.

Правильно и отчетливо выраженные философские установки в нашей работе, в научном исследовании, в преподавании, в популяризации физических знаний — необходимое условие нашей конкретной работы. Это одна из предпосылок советского, партийного характера развития нашей науки. Необходимо прекратить фактический нейтралитет, безучастность, беззаботность и «заговор молчания» в области философии физики. Наша обязанность добиться того, чтобы в каждом общем и специальном курсе физики — я имею в виду в особенности печатные курсы — нашла свое ясное выражение философская основа. Читателю нужно глубокое, органическое проникновение правильной философии в конкретный материал. Поэтому не следует ограничиваться в книгах вводной главой философского характера, содержащей простую декларацию авторского кредо, нужно возможно теснее и по существу связать излагаемый материал с философской основой. Бесспорно, что эта задача не простая и не легкая. Но она должна быть решена.

Другая задача, стоящая перед советскими физиками,— это конкретная научная работа на физико-философском фронте. Я много раз упоминал, что идеалистически настроенные физики на Западе выступают часто в печати, в статьях и в книгах с философскими высказываниями. Наша реакция на это ограничивается обычно тем, что наши философы (а не физики) мимоходом упоминают об этих идеалистических экскурсах в своих публикациях, сопровождая упоминания нелестными эпитетами по адресу западных физиков. Конечно, за идеализм хвалить не приходится, но вместе с тем одних эпитетов несомненно недостаточно. Нужна серьезная, подробная и конкретная критика, действительно разбивающая доводы и выводы западных физиков-идеалистов. Притом эту критику должны знать

и на Западе. Необходимо вести настоящую идеологическую научную борьбу, ограничиваться одной бранью бесцельно. В. И. Ленин оставил нам в своей книге «Материализм и эмпириокритицизм» классический образец того, как следует вести настоящую идеологическую борьбу по философским вопросам. Советским физикам, теоретикам и экспериментаторам, давно пора начать активную войну на этом участке. В этом состоит одно из важнейших условий укрепления наших собственных методологических позиций в области физики.

У нас почти нет книг по философским вопросам физики, написанных физиками для физиков. Этот пробел следует заполнить в ближайшее же время в порядке индивидуальных и коллективных работ. Нужны книги и статьи, анализирующие с точки зрения диалектического материализма и современных научных сведений многие вопросы, относящиеся к современной физике. Необходимо провести последовательный анализ основных понятий физики и философии, таких понятий, как пространство и время, материя, масса, энергия, заряд, спин и проч. Такого анализа до сих пор нет, и каждому читающему курс физики приходится в этой области «открывать Америки», иногда очень сомнительные и попросту ошибочные. Имеется неотложная потребность в подробном физико-философском разборе понятий о физическом законе, о причинности, о динамической и статистической закономерности. Неясность в этих понятиях приводит к глубоким философским и физическим ошибкам. Неотложно требуется глубокий диалектико-материалистический анализ основных квантовых явлений и закономерностей и структуры теории относительности. Громадное значение имеет изучение фактически применяемых методов научного исследования в области физики. Наряду с методом экспериментальным, методом механических моделей, методом принципов, применяемым физиками в течение многих веков, в современной физике особое значение получил метод математической гипотезы, или метод математической экстраполяции. Этот метод требует особого разъяснения с философской стороны, так как нередко к нему применяется совершенно неправильный подход и забывается его громадная, творческая роль.

Очень серьезного внимания заслуживает проблема соотношения идеи прерывного и непрерывного в области физики, так как физика развивается диалектически, двумя путями.

По всем перечисленным, а также многим не упомянутым мною вопросам существует большая неясность, недоговоренность, и вместе с философией страдает и конкретная работа в области физики.

Как видно из моего сжатого и краткого перечня задач, стоящих перед советскими физиками в области методологии, перед нами раскрывается программа очень большой работы, которую в основном физики не могут перепоручить философам, а обязаны выполнить сами, а лучше всего — в тесном сотрудничестве с философами.

Но этим не ограничиваются стоящие перед нами задачи в области, близкой к вопросам методологии. Наш долг—безотлагательно произвести переоценку прошлого нашей отечественной физической науки. Мы должны в ближайшее время создать подробную историю отечественной физики. Обостренное внимание широких кругов общества к вопросам истории отечественной науки за последние годы раскрыло многое большое, незаслуженно забытое. От нас требуется иногда кропотливая архивная работа, чтобы восстановить славное прошлое в истории отечественной физики.

Недостаточно, однако, загладить наши ошибки в отношении прошлого. Не менее важно правильно и своевременно оценивать нашу собственную работу, работу наших товарищей, работу различных советских учреждений. Нужна взаимная деловая товарищеская критика, основанная на взаимном уважении. Не приходится сомневаться в том, что выполнение этих требований повысит продуктивность нашей общей работы.

Значение физики в жизни Советского государства растет с каждым годом. Наша наука стала одним из очень важных звеньев советской техники и культуры. Укрепление ее методологических основ должно помочь дальнейшему росту нашей физики и ее конкретным успехам. На советскую науку с надеждой смотрит вся наша страна. За ее успехами внимательно следит, неустанно оказывая громадную помощь дальнейшему росту науки, товарищ Сталин.

Будем достойными великого народа, к которому мы принадлежим, на специальном участке нашей работы. Выполним наказ нашего гениального вождя и учителя товарища Сталина и выведем возможно скорее советскую физику в авангард передовой физики всего мира.

И. В. КУЗНЕЦОВ

СОВЕТСКАЯ ФИЗИКА И ДИАЛЕКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛИЗМ

Маркс, Энгельс, Ленин, Сталин дали человечеству могучее орудие познания и революционного преобразования мира — марксизм-ленинизм.

Каждый новый шаг в развитии общества, каждый новый успех науки приносят все новые свидетельства могущества марксистско-ленинской теории. Воплощением торжества марксизма-ленинизма является прежде всего великий Советский Союз, осуществляющий постепенный переход от социализма к коммунизму. Вдохновленные идеями марксизма-ленинизма, народы Китая, стран народной демократии в Европе одержали историческую победу — сбросив цепи капиталистического рабства, они строят подлинно свободную жизнь.

Великая Октябрьская социалистическая революция, совершившаяся под руководством Ленина и Сталина, открыла новую эпоху в развитии человечества. Она ознаменовала наступление новой эпохи и в развитии науки. *Теоретические* предпосылки для наступления новой эры в развитии науки были созданы самим фактом возникновения марксизма в середине XIX в. Но для фактической реализации этих предпосылок требовались совершенно иные социальные условия, нежели те, которые существовали тогда. Эти возможности могли быть реализованы в полной мере значительно позже,— только в условиях Советского государства. Иначе не могло и быть. Вся совокупность социальных условий капиталистического общества толкала естествоиспытателей в объятия пошлой казенной буржуазной идеологии, по существу своему несовместимой с наукой.

Коренной особенностью развития науки о природе в классовом, эксплуататорском обществе было то, что объективное содержание достижений естествознания, положительное содержание накопляемого им богатейшего материала, неизбежно всегда стояло в противоречии с господствующей в эксплуататорском обществе идеологией. Мировоззрение господствующих эксплуа-

таторских классов тормозило и душило развитие естествознания, оказывая пагубное влияние на метод науки. В силу этого объективное содержание великих открытий естествознания стояло по большей части в противоречии с тем теоретическим методом мышления, которым владели естествоиспытатели. Факт этого коренного противоречия в развитии естествознания отмечал Энгельс, подчеркивавший, что, в силу этого, в теоретическом естествознании царила большая путаница. Энгельс, например, указывал, что объективное диалектическое содержание великих открытий естествознания второй половины XIX в. стояло в противоречии с господствовавшим в головах естествоиспытателей метафизическим методом мышления. «Но так как и до сих пор,— писал Энгельс,— можно по пальцам перечесть естествоиспытателей, научившихся мыслить диалектически, то этот *конфликт между достигнутыми результатами и укоренившимся способом мышления* вполне объясняет ту безграничную путаницу, которая господствует теперь в теоретическом естествознании и одинаково приводит в отчаяние как учителей, так и учеников, как писателей, так и читателей»[1].

Метафизический метод мышления свидетельствовал не только об исторической ограниченности самих естественно-научных знаний этой эпохи, но отражал классовую ограниченность всей вообще буржуазной идеологии даже в пору развития капитализма по восходящей линии.

Противоречие между объективным содержанием естествознания и господствующей в обществе идеологией, а также господствующим у подавляющего большинства естествоиспытателей методом мышления было характерной чертой развития науки о природе до социалистической революции. Особенно острым и губительным для науки это противоречие стало в эпоху империализма, в эпоху умирающего, загнивающего капитализма, когда буржуазия стала усиленно насаждать самые реакционные воззрения. Именно поэтому в условиях империализма некоторые отрасли естествознания, в особенности те, которые дальше всех стоят от задач военного производства империалистических государств, пришли к упадку и даже впали в полное вырождение. Такими ублюдочными продуктами реакционной идеологии империализма, ничего общего не имеющими с наукой, являются, например, вейсманизм-морганизм или «новейшая» буржуазная космология, измышляющая сотворение мира из мифического «первоатома».

Возникновение Советского государства, торжество мар-

---

[1] Ф. Энгельс. Анти-Дюринг, 1950, стр. 23 (курсив мой.—*И. К.*).

ксистско-ленинской идеологии в Советском Союзе создали совершенно иные, в корне отличные условия для развития научной мысли. Впервые в истории были созданы все условия для осуществления гармонического *единства содержания и метода науки, их органического, полного соответствия друг другу.* Эта адэкватность, это полное соответствие мировоззрения и обусловленного им научного метода объективному содержанию естествознания составляет коренную особенность естествознания в условиях социалистического общества. Возникновение советской науки является поэтому началом качественно нового этапа в развитии познания мира, в развитии науки. В этом состоит всемирно-историческое значение факта создания советской науки.

Как указывал В. И. Ленин в своем труде «Материализм и эмпириокритицизм», единственно верной и последовательной философией естествознания является диалектический материализм. Диалектический материализм и есть метод, пронизывающий все отрасли советского естествознания, его общая теоретическая основа.

Возникновение советской науки не было чем-то, что явилось на свет после Октябрьской революции само собой. Решающую роль в формировании советской науки сыграли вожди и гениальные учители трудящихся Ленин и Сталин, наша большевистская партия. Советская наука есть плод забот Ленина и Сталина, партии о создании изобилия духовных богатств социалистического общества. Она есть результат борьбы Ленина и Сталина, нашей партии за создание новой, социалистической интеллигенции, за марксистско-ленинское воспитание научных кадров. Само гигантское социалистическое строительство в нашей стране, осуществлявшееся по планам и идеям Ленина и Сталина, было несравненной школой подготовки и идейной закалки кадров советских ученых.

Неоценимую роль в развитии советской науки играли и играют философские труды Ленина и Сталина, предопределившие намного вперед развитие прогрессивной научной мысли. На этих трудах воспитывались и воспитываются все советские ученые, черпая в них творческий оптимизм, веру в безграничную силу человеческого разума, непримиримость к враждебным подлинной науке измышлениям философствующих лакеев буржуазии. Эти труды, указания партии по идеологическим вопросам определили общественную направленность исследовательской работы советских ученых, поставивших свою научную деятельность на службу великого дела созидания коммунистического общества в нашей стране.

Исходя из идей Ленина и Сталина, руководясь историческими указаниями партии по идеологическим вопросам, применяя метод материалистической диалектики, советское естествознание идет вперед от одного достижения к другому, верой и правдой служа делу строительства коммунизма. Закономерным результатом этого является тот факт, что *советская наука — знаменосец самых передовых и прогрессивных идей современного естествознания.* Об этом свидетельствует, например, мичуринская биология, открывшая новый исторический этап в развитии биологической науки. Мичуринское учение, освободившее биологию от вредоносных измышлений вейсманизма-морганизма, явилось высочайшим достижением науки о жизни. Оно служит основой дальнейшего продвижения биологии вперед, выдвигая новые творческие идеи в области изучения закономерностей развития живых организмов.

Об этом свидетельствует павловская школа в учении о высшей нервной деятельности, создавшая фундамент подлинно научного изучения деятельности человеческого мозга, плодотворные идеи которой преобразуют ныне и другие смежные науки и, в частности, медицину.

Об этом же говорят достижения клеточного учения, разработанного советскими учеными; оно разбило антинаучную догму вирховианства, преграждавшую дорогу к познанию путей возникновения живого, и раскрыло совершенно новые перспективы движения научной мысли и в этой области. Можно было бы в качестве примера привести и науку о почве, где советским ученым также принадлежат самые основные идеи, делающие почвоведение подлинной наукой. Советской науке и здесь принадлежит заслуга освобождения научной мысли от реакционных догм, обрекавших ее на застой и прозябание, и создания новых идей, двигающих науку вперед.

То же самое мы имеем и в области космогонии — науки о происхождении и развитии небесных тел. Благодаря усилиям советских ученых разработана новая теория развития солнечной системы, опрокидывающая научные идеалистические «гипотезы», заводящие науку в тупик.

Уроки и итоги развития естествознания в СССР показывают с полнейшей очевидностью, что успехи науки были особенно значительны там, где была особенно прочной связь естественно-научных теорий с марксистско-ленинской философией, с диалектическим материализмом. Успехи были особенно велики там, где эти теории опирались на сознательное применение диалектического материализма к научным проблемам, строились на основе коренной диалектико-материалистической

переработки понятий и воззрений соответствующей отрасли науки. Нельзя не вспомнить прямые заявления творцов и основоположников новых направлений и теорий естествознания о той решающей роли, которую сыграли в разработке этих направлений и теорий идеи Ленина и Сталина, марксистско-ленинская философия.

«Только на основе учения Маркса, Энгельса, Ленина и Сталина,— писал И. В. Мичурин,— можно полностью реконструировать науку»[1].

В 1937 г., в связи с 15-летием замечательной работы В. И. Ленина «О значении воинствующего материализма», В. Р. Вильямс говорил: «Как мне в моей научной работе помогали философия диалектического материализма и, в частности, те мысли Ленина, которые мы сегодня вспоминаем? Если мною что-либо сделано в науке, так только благодаря этой философии, ее методологическим принципам»[2].

Но то же самое относится в равной мере ко всем передовым отраслям советского естествознания. Так, непосредственным исходным пунктом и теоретической опорой советского материалистического клеточного учения явились диалектико-материалистические идеи Энгельса о жизни, как способе существования белковых тел, и о коренных свойствах живого.

Говоря о значении философских трудов классиков марксизма-ленинизма для советской науки, крупнейший советский ученый академик С. И. Вавилов указывал: «Философские труды И. В. Сталина вместе с „Материализмом и эмпириокритицизмом“ и „Философскими тетрадями“ В. И. Ленина составляют тот важнейший первоисточник руководящих идей диалектического материализма, к которому постоянно прибегает теперь передовая наука в своем развитии»[3].

Все решающие достижения советской науки неразрывно связаны с мировоззрением большевистской партии, имеют источником животворное воздействие гениальных ленинско-сталинских идей. В этом еще один наглядный пример мобилизующего, организующего и преобразующего значения новых великих идей марксизма-ленинизма. Передовая советская наука — детище Ленина и Сталина.

Придавая исключительно большое значение науке в социалистическом строительстве, В. И. Ленин даже в тяжелейших для нашей страны условиях гражданской войны счел неотлож-

---

[1] И. В. Мичурин. Избр. соч., 1948, стр. 508.
[2] «Правда», 7 марта 1937 г.
[3] С. И. Вавилов. Наука сталинской эпохи, 1950, стр. 17.

но необходимым наметить конкретные перспективы развития советского естествознания. Он лично составил для Академии Наук «Набросок плана научно-технических работ», предусматривающий прежде всего связь науки с производством, с жизнью Советского государства. Это был первый в истории государственный план развития науки.

Единство теории и практики, науки и жизни стало с тех пор незыблемой основой успешного развития естествознания в Советской стране, предопределившей все его грандиозные успехи.

В. И. Ленин неустанно заботился о материальном оснащении советской науки. Уже в первые годы советской власти по его инициативе были приняты исторические решения о создании ряда новых институтов, научно-исследовательских учреждений, лабораторий. В. И. Ленин оказывал поддержку и непосредственную помощь выдающимся ученым нашей страны — И. П. Павлову, Н. Е. Жуковскому, К. Э. Циолковскому и многим другим. Ленин и Сталин открыли и спасли для науки великого преобразователя природы И. В. Мичурина.

На каждом из важнейших этапов развития советской науки товарищ Сталин лично оказывал советским ученым непосредственную помощь в решении ее коренных задач. Он намечал дальнейшие пути ее развития, наносил сокрушительные удары по всякого рода лжеучениям, преграждавшим науке путь вперед. Он давал несравненные образцы творческого применения идей Ленина, диалектического материализма к исследованию назревших вопросов науки.

Хорошо известно, например, какую огромную роль в развитии мичуринской биологии сыграл анализ И. В. Сталиным сущности и значения и вместе с тем недостатков дарвиновской эволюционной теории, анализ роли и характера неодарвинизма и неоламаркизма. Отеческая помощь И. В. Сталина советским биологам сделала творческую дискуссию по вопросам генетики в 1948 г. отправным пунктом подъема всей биологической науки на новую ступень. По инициативе и указаниям И. В. Сталина прошли творческие дискуссии по проблемам физиологии и клеточного учения. Важнейшую роль в развитии истории естествознания как науки сыграли высказывания товарища Сталина о таких деятелях науки, как Галилей, Лейбниц, Майер, Гельмгольц и др. В беседе с академиком В. Л. Комаровым товарищ Сталин подчеркнул большое значение дела разработки истории науки. Указания И. В. Сталина послужили основой для широкой разработки истории естествознания в нашей стране.

Совершенно исключительную роль в истории советского естествознания сыграл и играет труд И. В. Сталина «О диалек-

тическом и историческом материализме», являющийся вершиной марксистско-ленинской философии. В нем диалектический материализм изложен как цельное и стройное учение, совокупность основных законов которого — наиболее общие законы развития природы, общества и мышления — образуют как бы вылитую из одного куска стали единую систему. Раскрытие в этом гениальном труде содержания основных законов, основных черт материалистической диалектики и марксистского философского материализма дало глубочайшее обоснование коренных принципов всякого научного познания вообще.

Никакой подлинно научный подход к исследованию природы невозможен в конце концов без решения вопроса, *каков мир в целом*, есть ли он хаотическое скопление и нагромождение отдельных разрозненных тел и явлений, существующих каждое само по себе, или же он представляет собой единое целое, где все явления и предметы органически связаны друг с другом и обусловливают друг друга.

Если подходить к миру, природе как хаосу случайностей, как это делает метафизика, то наука становится невозможной, ибо открывается путь к протаскиванию возможности «чуда», «божественного произвола», теряется возможность понять действительные причины явлений, коренящиеся в самих явлениях, в их связи и обусловленности друг другом.

Марксистский диалектический метод неопровержимо доказывает, что единственно правильным является подход к природе, как к *единому целому*. Тем самым наука получает полную возможность понять мир таким, каков он есть, без всяких посторонних прибавлений.

Научный подход к действительности должен ясно и четко ответить и на другой важнейший вопрос: *в каком состоянии находится природа* в каждый данный момент — является ли она состоянием покоя и неподвижности или же состоянием беспрестанного изменения и развития.

Метафизический подход к природе, как к чему-то неизменному и покоящемуся, ставит науке препятствия на пути познания действительной картины природы: наблюдающаяся нами смена одних явлений другими, одних тел другими при этом подходе изображается как нечто нереальное, эфемерное, позади чего стоит нечто неподвижное, застывшее, само себе равное. Наука в силу этого отстраняется от познания действительного хода событий, наблюдаемого нами, и направляется на ложный путь поисков несуществующей «вечной и неизменной» основы вещей.

Марксистский диалектический метод говорит, что природа находится в состоянии неразрывного движения и изменения, непрерывного обновления и развития, где все явления находятся в возникновении и отмирании, где новое неодолимо.

Научный подход к явлениям природы не может остановиться на простой констатации факта изменчивости явлений и тел природы, их беспрестанного движения. Научный метод должен дать основу для решения вопроса и о том, *как именно происходит изменение и развитие в природе*: являются ли все процессы простым непрерывным количественным ростом, при котором не происходит качественных изменений и перерывов постепенности, или же мир не просто меняется, а порождает качественное новое, отличное от старого, где происходит скачкообразное превращение из одного состояния в другое.

Метафизический подход к изменениям в природе как количественному росту издавна существовавших вещей и явлений, при котором нет перерывов постепенности и рождения качественного нового, искажает подлинную действительность, ограничивает мир изучаемых наукой явлений, рисует мир бледным, утратившим бесконечное многообразие свойств. Этот подход закрывает науке путь к познанию объективно существующего качественного различия вещей, их специфики и своеобразия, изображая качественное различие вещей, возникающих одна из другой, как нечто внешнее, субъективное, несущественное. С другой стороны, вещи, качественное различие которых уже дано, уже существует, при таком подходе выставляются как нечто абсолютно противоположное, отгороженное друг от друга. Тем самым уничтожается возможность познать глубокую внутреннюю связь различных явлений.

В противоположность этой метафизической точке зрения марксистский диалектический метод учит, что развитие явлений природы совершается так, что скрытые количественные изменения в конце концов ведут к перерыву постепенности, к изменению качества, к появлению новых свойств и явлений. Тем самым марксистский диалектический метод раскрывает науке путь к познанию всего бесконечного многообразия свойств вещей и явлений, к раскрытию не только того, что объединяет их, но и к тому, что отличает их друг от друга, выражая их новые черты и особенности. Познание особенных черт тех или иных классов явлений составляет одну из важнейших задач науки.

Коренным вопросом, на который должен дать ответ научный подход к действительности, является вопрос о том.

в чем и где источник развития всех явлений природы: лежит ли этот источник вне вещей и явлений, в чем-то внешнем по отношению к ним, или же он заключается в самих вещах и явлениях?

Метафизический подход к источнику развития явлений, как к чему-то внешнему по отношению к явлениям, по существу есть отказ от научного познания, ибо ведет так или иначе к представлению о том, что материя сама по себе мертва и только нечто нематериальное, лежащее вне материи, способно привести ее в движение. Но это—«чудо», признание которого несовместимо с наукой, подрывает основы науки.

Марксистский диалектический метод, в противоположность метафизике, неопровержимо доказывает, что в действительности источник развития природы лежит в ней самой, поскольку всем явлениям присуща внутренняя противоречивость и борьба противоречий, свойственных явлениям, и составляет внутреннее содержание процесса развития, его источник. Тем самым марксистский диалектический метод отвергает ссылки на таинственное «нечто», лежащее за пределами возможностей науки, и учит всегда и везде доходить до реальных причин и источников изменений, а значит до их подлинного познания.

Основные черты или законы марксистского диалектического метода составляют единую и непоколебимую основу для подлинно научного подхода ко всем явлениям природы.

Основные черты или законы марксистского философского материализма, сформулированные в гениальном труде И. В. Сталина, составляют незыблемую основу для всякой научной теории.

Какой бы ни была естественно-научная теория того или иного круга явлений природы, она должна быть целостной и последовательной, исходить из одного начала, из единого принципа объяснения мира. Так или иначе она должна исходить из определенного решения вопроса о том, *каков мир по своей природе*. Подлинно научная теория не может исходить из дуалистического решения этого вопроса — признавать мир разделенным на две какие-либо сущности или начала, отвергающие или отрицающие друг друга. Это означало бы отказ от всякой возможности понимания природы как единого целого, признание существования двух рядов законов природы, полностью отрицающих друг друга и тем самым делающих невозможным самое существование науки.

Подлинно научная теория всякого явления или того или иного круга явлений должна исходить из принципа *единства мира*, т. е. быть *монистической*. Однако может существовать

два разных решения вопроса о природе мира: согласно первому, мир представляет собой не что иное, как внешнее выражение, внешнюю форму от века существовавшей «мировой идеи», «духа»; согласно второму, мир по природе своей материален; его единство как раз и состоит в его материальности; и мир, природа, не нуждается ни в каком нематериальном духе, развиваясь по законам движения материи.

При первом, идеалистическом, истолковании природы на долю науки остается лишь внешняя форма, внешнее проявление истинной сущности вещей, сама же эта «суть» остается неуловимой, принципиально недоступной научному исследованию. Сам мир, природа, превращается при таком истолковании в какую-то сверхграндиозную иллюзию, путь к которой объявляется доступным только средствами «божественного откровения» и «провидения». Такое истолкование природы есть в действительности отказ от всякого объяснения и кладет конец научному мышлению.

Марксистский философский материализм, в противоположность идеализму, показывает, что мир един, что это его единство состоит в его материальности. Материальные и идеальные явления не существуют как что-то, в корне отрицающее друг друга, а существуют как две стороны, две разные формы единой и неделимой природы.

Только такое истолкование природы укрепляет позиции науки, открывает перед ней ничем не ограниченные перспективы развития, поскольку не разделяет непереходимой пропастью самую основу явлений от их проявления.

Никакая последовательная научная теория явлений природы не может избежать вопроса, *реален ли объект, исследуемый ею*: существует ли природа вне и независимо от познающего субъекта, вне и независимо от его сознания, или же природа порождена духом, сознанием, существует только в сознании; объективны ли законы природы? Никакая научная теория не может стать «выше» этого вопроса, остаться «нейтральной» по отношению к нему.

Если мир, природа, существует только в сознании, то наука перестает быть наукой и превращается в пустую и произвольную игру ума, чистую иллюзию. Она лишается объекта исследования и вырождается в регистратора субъективных переживаний.

Марксистский философский материализм, в противоположность идеализму, исходит из признания того, что мир, природа, существует вне и независимо от какого бы то ни было сознания— материя представляет собой объективную реальность. сущест-

вующую вне и независимо от сознания, является источником ощущений, представлений, сознания, в то время как сознание, представления, понятия являются отображением материального бытия. Никакая наука невозможна без признания объективной реальности. Только марксистский философский материализм дает непоколебимую опору науке в признании объективной реальности изучаемого ею объекта, изучаемых ею явлений. Но это и значит, что марксистский философский материализм составляет незыблемую теоретическую основу естествознания.

Никакая научная теория не может обойти вопрос о том, *познаваем ли мир, познаваемы ли законы природы*? Точка зрения идеализма, по которой мир непознаваем, а законы природы не могут быть раскрыты средствами науки, кладет конец существованию науки.

Марксистский философский материализм, в противоположность идеализму, учит, что мир вполне познаваем, что в мире нет непознаваемых вещей, а есть вещи, пока еще не познанные, но могущие быть познанными, что наши знания о законах материального мира, проверенные практикой, имеют характер объективных истин. Только марксистский философский материализм дает прочную основу для признания объективной истины, без чего нет и не может быть науки. Только марксистский философский материализм раскрывает науке необозримое поле деятельности, отвергая «границы» и «пределы» могуществу человеческого разума.

Из всего этого следует, что марксистско-ленинская философия, открыв самые общие законы развития природы, общества и мышления, тем самым формулирует и обосновывает наиболее общие, коренные принципы научного знания. Только она представляет собой верную и надежную опору науки, защищая ее от всяких покушений метафизики и идеализма, несовместимых с наукой. Вот почему всякий, кому действительно дороги интересы науки, неизбежно становится сознательным сторонником диалектического материализма.

Под влиянием труда И. В. Сталина «О диалектическом и историческом материализме» стала все быстрее происходить диалектико-материалистическая перестройка всех отраслей советской науки и развиваться теория советского естествознания.

Благодаря неослабным заботам И. В. Сталина советская наука приобрела те характерные черты подлинно передовой науки, которые он так ярко определил: близость народу, служение ему не по принуждению, а добровольно, с охотой; всесилие союза старых работников науки с молодыми; отсутствие преклонения перед установившимися традициями;

решительность в ломке устарелых традиций, норм, установок, новаторство; теснейшая связь с практикой, с опытом.

Новую страницу в истории советской науки, в дальнейшем подъеме всей работы в области теоретического естествознания сыграл гениальный труд И. В. Сталина «Марксизм и вопросы языкознания». Необычайное богатство, глубина и широта идей этого труда делают его исторической вехой не только в языкознании, но и в развитии всех других наук и марксистско-ленинской теории в целом.

Сталинское положение, развитое в этом труде, о двух путях перехода от старого качества к новому качеству — путем постепенного накопления элементов нового качества и отмирания элементов старого качества, а также путем взрыва — по-новому освещает ряд теоретических проблем естествознания, в частности проблему преобразования одного вида растений или животных в другой. Источники новых идей в этом труде И. В. Сталина находит и передовая математическая наука: указания товарища Сталина по вопросу о характере подхода геометрии к исследуемым ею объектам и сопоставление геометрии с грамматикой проливают новый свет на вопрос о предмете и методе современной математики, о роли абстракций в научном исследовании.

Труд И. В. Сталина «Марксизм и вопросы языкознания» с исключительной глубиной освещает вопрос о месте и роли техники и естествознания в обществе и общественной жизни и тем самым кладет новые краеугольные камни в разработку марксистской истории естествознания и техники как науки.

Поистине нет ни одной области научного знания, которая не испытала бы животворного влияния идей труда «Марксизм и вопросы языкознания». Гениальный труд И. В. Сталина «Марксизм и вопросы языкознания» нанес сокрушительный удар по всякого рода талмудистам и начетчикам, пытающимся представить марксизм как собрание каких-то догматов, никогда не изменяющихся, несмотря на изменение условий общественной жизни. И. В. Сталин показал недопустимость попыток отрывать отдельные выводы и положения марксизма от тех исторических условий, в которых они были сформулированы, и переносить их на совершенно иные исторические условия. Товарищ Сталин с необычайной силой раскрыл в этом труде творческий характер марксизма, его полнейшую непримиримость с догматизмом: «Марксизм, как наука, не может стоять на одном месте,— он развивается и совершенствуется. В своём развитии марксизм не может не обогащаться новым опытом, новыми знаниями,— следовательно, отдельные его формулы и выводы не могут

не изменяться с течением времени, не могут не заменяться новыми формулами и выводами, соответствующими новым историческим задачам. Марксизм не признаёт неизменных выводов и формул, обязательных для всех эпох и периодов. Марксизм является врагом всякого догматизма»[1].

Борьба И. В. Сталина против догматизма имеет огромнейшее значение для всей советской науки. Она ставит перед советскими учеными большие задачи и в их собственной научной области, ибо начетничество и догматизм проявляются не только в том, что некоторые люди рассматривают марксизм как собрание закостенелых догматов, но и в том, что некоторые ученые стремятся превратить отдельные выводы и положения науки о природе в застывшую догму, утратившую способность к дальнейшему развитию.

С особой силой прозвучали слова корифея науки, вождя трудящихся о том, что «никакая наука не может развиваться и преуспевать без борьбы мнений, без свободы критики»[2]. Советской науке свойственна особая черта — *самокритика, как закон ее развития, как закон все ускоряющегося движения вперед*. Эту свою черту советская наука приобрела под направляющим и формирующим воздействием критического и революционного духа марксистско-ленинской философии, враждебной всякому застою и неподвижности, окостенелости и догматизму.

Опираясь на труды Ленина и Сталина, на исторические указания партии по идеологическим вопросам, советские ученые успешно двигают науку вперед, подымаясь от одного достижения к другому. На этом пути вперед советские ученые разгромили реакционные воззрения вейсманизма-морганизма, идеалистические «концепции» врагов материалистического павловского учения, антинаучные измышления вирховианцев, идеалистические «теории» резонанса и мезомерии в химии, поповские измышления буржуазных «космогонистов» в астрономии.

Подъем и успешное дальнейшее развитие советской науки немыслимы без разгрома лжеучений, стоящих на пути прогресса научного знания.

* * *

Советские физики составляют один из отрядов передовой советской науки. Они имеют ряд серьезнейших достижений,

---

[1] И. Сталин. Марксизм и вопросы языкознания, 1951, стр. 55.
[2] Там же, стр. 31.

оказавших значительную помощь советскому народу в его борьбе за построение социализма, за постепенный переход от социализма к коммунизму. В их трудах нашли решение многие проблемы оптики, радиофизики, теории колебаний, молекулярной физики, теории атома, космических лучей, ядерной физики и т. д. В том, что наша страна имеет атомные бомбы разных систем и калибров и использует атомную энергию для мирных созидательных целей,—одно из свидетельств зрелости наших советских физиков.

Важнейшее значение для оценки особенностей, характерных черт мировоззрения ученых имеет вопрос об отношении их научной деятельности к практике, к задачам, выдвигаемым общественным развитием, к нуждам и интересам народа. Нельзя считать случайностью тот факт, что менделизм-морганизм был практически совершенно бесплоден. В этом выявилась схоластика, идеализм, метафизика его принципиальных основ. Как указывал В. И. Ленин, отрыв теории от практики неизбежно ведет к вымученному «профессорскому идеализму», обрекающему науку на застой и загнивание.

Тесная связь научно-исследовательской работы советских физиков с нуждами практики, с насущными интересами нашей страны — один из важнейших результатов победы марксистско-ленинского мировоззрения в физической науке. Эта тесная связь физической науки с жизнью, социализмом, задачами построения коммунизма есть непосредственное отражение коренной особенности марксистско-ленинского мировоззрения — присущего ему неразрывного единства теории и практики.

Эта связь физики и социалистической практики вовсе не явилась чем-то готовым, само собой сложившимся. Напротив, она явилась и могла явиться только результатом борьбы нашей партии за процветание советской науки, за идейно-теоретическое воспитание советских научных кадров.

Как указал Л. П. Берия в своем докладе о 34-й годовщине Великой Октябрьской социалистической революции, во всех достижениях Советской страны «...большая роль принадлежит советской науке. За последнее время наши учёные решили ряд важнейших научных проблем народнохозяйственного и оборонного значения. В ряде отраслей знания советские учёные заняли первое место в области развития мировой науки. Знаменательным в последнее время является серьёзное расширение и углубление содружества советских учёных с работниками производства. Это не только способствует лучшему внедрению достижений науки в производство, но и обогащает науку опытом и

творческой мыслью многочисленной армии новаторов промышленности, транспорта и сельского хозяйства»[1].

Эта характеристика относится и к работе советских физиков. Тесная связь научно-исследовательской работы советских физиков с нуждами социалистической практики, с насущными интересами — основа процветания физической науки в нашей стране. Надежным руководителем в ее движении к новым достижениям является марксистско-ленинская философия, вооружающая науку знанием наиболее общих законов развития природы, общества и человеческого мышления.

За последние годы в области физики была проделана работа по разоблачению и критике проникающих в нашу научную литературу порочных воззрений. Так, была подвергнута критике идеалистическая и метафизическая «концепция дополнительности», развиваемая Н. Бором, В. Гейзенбергом и другими буржуазными учеными в области теории микропроцессов, вскрыта несостоятельность субъективистского толкования волновой функции, как якобы «записи сведений» о состоянии микрообъектов. Нанесен удар по махистскому изложению основ механики макроскопических тел. Подвергнута критике идеалистическая фальсификация закона взаимосвязи массы и энергии, согласно которой материя якобы «превращается» в энергию, энергия — в материю, и т. д.

Однако положение в области теоретической физики в целом не является еще удовлетворительным. Опыт борьбы с враждебными науке воззрениями в других передовых областях естествознания. закончившейся *полным разгромом* антинаучных воззрений, опыт перестройки этих областей науки на основах диалектического материализма еще не использован со всей полнотой в вопросах теоретической физики. С этим связано то обстоятельство, что теоретическая физика в целом отстает от развития экспериментальной физики. Это отставание ясно заметно в вопросах физики твердого тела, в области физики «элементарных» частиц, в проблемах космических лучей и т. д. Здесь теоретическая физика не только не определяет пути развития физики экспериментальной, но сама не поспевает за ней, стоя перед рядом значительных трудностей, которые она преодолеть пока не в состоянии. Из этих трудностей мы могли бы здесь указать, в частности, на трудность с собственной массой и собственной энергией «элементарных» частиц: вычисляемые, согласно ныне известным методам теоретической физики, собственная масса и собственная

[1] Л. П. Берия. 34-я годовщина Великой Октябрьской социалистической революции. Госполитиздат, 1951, стр. 15—16.

энергия «элементарных» частиц оказываются равными бесконечности, что явно бессмысленно. Однако рациональных способов устранения этой трудности до сих пор не видно, хотя она известна уже давно, и фактически на нее физикам приходится закрывать глаза, попросту отбрасывая эту бесконечность.

Буржуазные физики стремятся преодолеть такого рода трудности путем конструирования различных математических приемов (так называемые «ламбда-процессы» и т. п.), лишенных физического содержания и ведущих к отказу от *понимания сущности* физических процессов и подменяющих познание объективных закономерностей физических явлений формально-математическим *«описанием»*. Советские физики должны итти своим собственным путем — путем, направленным к раскрытию все более глубокой сущности вещей, путем создания новых физических понятий и теорий, все лучше отражающих познаваемый объект.

Надежнейшим руководителем на этом пути является марксистско-ленинская философия, блестяще продемонстрировавшая свое творческое могущество не только в познании законов общественной жизни, но и в решении коренных проблем естествознания. Задача советских физиков — овладеть этим могучим орудием познания и использовать его для решения стоящих перед ними важных задач.

Интересы дальнейшего роста физической науки требуют критического анализа ряда сложившихся представлений, устарелых традиций, решительного разоблачения и ниспровержения всех еще маскирующихся под науку антинаучных воззрений. Такого рода воззрения еще проникают в работы советских ученых как следствие некритического восприятия ими теорий буржуазных ученых, как результат забвения непримиримой борьбы материализма и идеализма в науке, как следствие неумения раскрыть враждебную науке сущность ряда абстрактно-схоластических построений буржуазных физиков.

Непреодоленными остаются, в частности, серьезнейшие ошибки, связанные с трактовкой закономерностей движения материальных объектов с большими скоростями. *Эта область физики в последние десятилетия стала одной из важнейших в физической науке и достигла значительных успехов.* Однако успешному развитию теории движения с большими скоростями мешает распространенная среди физиков эйнштейнианская трактовка закономерностей быстрых движений, эйнштейнианское понимание существа физической теории.

Интересы физической науки настоятельно требуют глубокой критики и решительного разоблачения *всей системы* теоретических взглядов Эйнштейна и его последователей, эйнштейнианцев, в области физики, а не просто отдельных их философских высказываний. Идеалистические воззрения Эйнштейна и эйнштейнианцев заводят физическую теорию в безысходный тупик. *Разоблачение реакционного эйнштейнианства в области физической науки — одна из наиболее актуальных задач советских физиков и философов.*

Подлинно научная физическая теория есть целостная и последовательная система понятий, отображающая совокупность объективных законов природы, присущих той или иной области физических явлений. Научные физические понятия — не символы, не условные знаки, а образы, отображения основных черт материальных явлений, существующих вне и независимо от сознания, ощущения тех или иных «наблюдателей», производимых ими измерений и т. п. Понятия физических величин, например понятия массы, длины, длительности процессов и т. д., есть отображения объективно присущих материальным объектам свойств инертности, протяженности, временно́й длительности и т. д. Свойства эти не зависят и не могут зависеть ни от того, мыслим ли мы о них или нет, воспринимаем их или нет, не могут зависеть от присутствия или отсутствия «наблюдателя», от того, какова «точка зрения» этого «наблюдателя». Они присущи самим материальным объектам. Задача подлинно научной физической теории состоит в том, чтобы дать адэкватную картину совершающихся в природе процессов на основе раскрытия объективных закономерностей природы, на основе познания сущности вещей, с тем чтобы дать возможность управлять физическими явлениями в соответствии с познанными законами природы.

Подлинно научная физическая теория — не внешнее *описание* явлений, а отображение закона, сущности в самих явлениях.

Научные понятия и теории ценны именно постольку, поскольку они имеют это объективное — ни от человека, ни от человечества не зависящее — содержание. В раскрытии объективной истины — цель и оправдание каждой физической теории; другого оправдания эти теории не имеют.

В силу относительной элементарности тех форм материи и свойственных им форм движения, которые изучаются физикой, законы физики по большей части могут быть выражены в математической форме, в форме тех или иных уравнений, отражающих связи различных сторон материальных объектов

или разных физических явлений. Математическая формулировка законов физических процессов — несомненный успех теории, достигшей этого. На современном этапе развития физики никакая физическая теория не может быть плодотворной без выражения основных положений и законов в математической форме. Однако сами по себе эти уравнения, сколь бы важны они ни были для теории, не исчерпывают содержания физической теории любой области физических явлений. Важнейшей частью каждой физической теории является истолкование смысла входящих в уравнения физических величин, само обоснование связи, выражаемой фигурирующими в теории уравнениями. Иными словами, важнейшей частью физической теории является совокупность общих и конкретных представлений о *природе исследуемого материального объекта и внутренней сущности материальных связей*, выражаемых уравнениями. Именно это и придает смысл уравнениям теории и делает теорию тем, чем она является в науке. Сами по себе — отдельно и независимо от представлений о физической природе объекта и его свойствах — математические уравнения не составляют и не могут составлять целостной и последовательной физической теории. В силу этого мы неизбежно должны оценивать сущность и значение физических теорий в целом в первую очередь с точки зрения содержащихся в них этих общих представлений о природе исследуемого объекта, а тем самым с точки зрения их отношения к двум борющимся непримиримым партиям в философии, так как общий характер таких представлений определяется мировоззрением ученого.

Но это означает, что никакая физическая *теория* не может стоять в стороне от коренных философских проблем, не может быть «нейтральной» и «беспартийной» по отношению к двум основным направлениям в философии — материализму и идеализму.

Каковы же взгляды Эйнштейна на теорию относительности? Какой смысл он вкладывает в нее?

Вся совокупность работ А. Эйнштейна по вопросам теории относительности с несомненностью показывает, что для него законы весьма быстрых процессов (как и все вообще законы природы) не есть что-то существующее в самой природе, вне и независимо от наблюдателя, субъекта, а представляют собой простое *логическое следствие* условно принятых наблюдателем процедур измерения. Главное для Эйнштейна — надлежащим образом *условиться* о способах, процедурах измерения пространства, времени и других физических величин. Сами физические величины, в действительности характеризующие количествен-

ную и качественную определенность физических объектов и явлений, для него — не объективные особенности, черты процессов природы, а *мысленные конструкции* человека, «свободные творения разума». Согласно точке зрения Эйнштейна, физические объекты *не имеют* никаких *определенных свойств* — ни длины, ни временно́й длительности, ни массы и т. п. По Эйнштейну, длина, временна́я длительность, масса и т. п. *создаются* самим *фактом измерения* этих величин наблюдателем и зависят от произвольно избираемой им «точки зрения», мысленно конструируемой им системы координат. В зависимости от того, к какой системе координат *наблюдатель относит* рассмотрение объекта, объект якобы будет обладать тем или иным значением длины, временно́й длительности, массы и т. п. Поскольку один и тот же материальный объект может быть формально отнесен к бесконечно многим системам отсчета, то он в одно и то же время окажется обладающим бесконечным числом значений длин, временны́х длительностей, масс и т. п.

В соответствии с этим Эйнштейн понимает законы науки не как выражение действительных связей между объектами или свойствами объектов, существующих вне и независимо от сознания, независимо от наблюдателя и процедур измерения, а просто как удобный способ расчета результатов одних измерений по результатам других. Для него это — не более чем приемы упорядочения ощущений наблюдателей. Он так и заявляет: «Понятия и системы понятий ценны для нас лишь постольку, поскольку они облегчают нам обозрение комплексов наших переживаний; другого оправдания они не имеют»[1]. Такой вывод с неизбежностью вытекает из основной исходной посылки Эйнштейна, касающейся природы исследуемого наукой объекта; по Эйнштейну, «живые объекты действительности», изучаемые наукой,— просто наши «переживания»[2].

Это — типичная субъективно-идеалистическая постановка вопроса, порывающая с наукой, непримиримо враждебная науке. Такие взгляды подверг уничтожающей критике В. И. Ленин в своей книге «Материализм и эмпириокритицизм».

Распространено мнение, что Эйнштейн фактически отходит от провозглашенного им субъективизма, когда требует, чтобы в физической теории законы науки формулировались «ковариантным образом», т. е. в таком виде, чтобы их форма оставалась неизменной при переходе от одной системы координат к другой.

---

[1] А. Эйнштейн. Основы теории относительности, 1935, стр. 8 (лекции, читанные в 1921 г. в Принстонском университете).

[2] А. Эйнштейн. Геометрия и опыт, 1922, стр. 7.

Однако такое мнение совершенно ошибочно. Требование ковариантности в трактовке Эйнштейна никак не затрагивает и потому не меняет общего идеалистического характера представлений Эйнштейна о сущности физической теории, о ее смысле и назначении.

Подлинно научный подход к изучению явлений состоит в том, чтобы находить объективные законы природы, как внутренне присущие самим явлениям природы и совершенно независимые от каких-либо наблюдателей, от человека, его восприятий, переживаний и процедур измерения. В. И. Ленин подчеркивал, что идеализм есть не что иное, как воззрение о необходимости примысливать к законам природы (и самой природе) «наблюдателя», мое личное или какое-нибудь иное фантастическое «я». В противоположность материалистическому научному воззрению Эйнштейн и эйнштейнианцы считают, что главное в теории относительности — проведение мысли о том, что законы явлений должны быть независимы *не* от наблюдателя вообще, а *только* от той или иной «*точки зрения*», связанной или с его особым положением в пространстве, или с особым характером его движения. Именно так они истолковывают положение о ковариантности законов. В соответствии с этим они стремятся изобразить мир как переживание не одного какого-то наблюдателя, а как совокупность общих переживаний различно движущихся наблюдателей. Один из наиболее ярых и воинствующих эйнштейнианцев А. Эддингтон прямо заявляет, что суть теории относительности состоит в том, что на место одного наблюдателя, связанного с одной избранной системой отсчета, теория относительности ставит бесконечную совокупность наблюдателей, движущихся относительно друг друга с различными скоростями, и устанавливает общее для всех наблюдателей. Он выразил эту мысль следующим «образным» способом: теория относительности есть выражение переживаний некоего существа, обладающего «вращающимся мозгом»!

Ясно, что такое понимание физической теории обессмысливает всякую научную теорию, ничего общего не имеет с наукой. Но именно эту сторону воззрений Эйнштейна превозносят реакционные буржуазные ученые, поднимающие Эйнштейна на щит как якобы «создателя» нового «физического учения о пространстве и времени». Эйнштейнианцы, прославляющие Эйнштейна за его субъективно-идеалистическую трактовку науки и законов науки, сами идут еще дальше по пути в болото. Для примера приведем здесь некоторые высказывания упоминавшегося выше Эддингтона, являющегося одним из наиболее типичных эйнштейнианцев.

Эддингтон заявляет: «Физическая величина есть прежде всего результат измерений и вычислений,— она будет, так сказать, *сфабрикованной* вещью, *созданной* нашими операциями»[1]. Развивая эту же мысль, Эддингтон усиленно подчеркивает, что физическую величину не следует относить к самому объективному миру, считать частью или стороной этого объективного мира: «Мы не должны определять физическую величину так, как будто бы она была какой-то частью общей картины мира. *Физическая величина определяется тем рядом операций и вычислений, результатом которых она является*»[2].

Определяя таким образом физические величины, Эддингтон вместе с тем говорит о том, что необходимое внимание должно быть уделено существующей экспериментальной практике. Но для чего нужна идеалисту «экспериментальная практика»? Чтобы проверить *истинность* своих определений, понятий, теорий? — Отнюдь нет! Эта ссылка, эта оговорка нужна ему только «для того, чтобы всякий одним и тем же термином определял одну и ту же *величину*»[3]. Иными словами, ссылка на эксперимент нужна только для того, чтобы все наблюдатели конструировали или «фабриковали» одну и ту же физическую величину одинаковым образом. И только! Сам Эддингтон вслед за этим решительно подчеркивает, что «при подобных определениях не может возникнуть вопрос, дают ли нам эксперименты истинную физическую величину» (стр. 16). Единственно, что требуется,— это достичь *общепринятого условного языка.*

Если, согласно Эддингтону, физические величины — продукт измерений и вычислений, то физический закон — всего-навсего постоянно повторяющееся «единообразие» в работе измерительного прибора.

Пространство и время, по Эддингтону, полностью субъективны. Он подчеркивает, что «время следует понимать лишь относительно к наблюдателю» (стр. 16). Физическое время для него — это «математическое продолжение мгновений, имеющихся в сознании наблюдателя» (стр. 47).

Таковы представления Эйнштейна и эйнштейнианцев о природе физических объектов, изучаемых физической наукой, о характере и сущности связей между явлениями природы, отражаемых в математических уравнениях. Никакой физик-материалист не может мириться с этими представлениями, с таким толкованием содержания научных понятий, с таким толкованием содержания научной теории. Но это значит, что

---

[1] А. Эддингтон. Теория относительности, 1934, стр. 12.
[2] Там же, стр. 15.
[3] Там же, стр. 16.

то, что Эйнштейн и эйнштейнианцы выдают за физическую теорию, не может быть признано научной физической теорией. Нельзя признать научной такую теорию, положения которой стоят в непримиримом противоречии с объективным содержанием всей науки вообще, с ее целями и задачами. Как *система воззрений* на сущность пространства и времени, на характер физических законов, на сущность изучаемых физикой объектов, на задачи физической науки взгляды Эйнштейна и эйнштейнианцев совершенно несостоятельны, антинаучны, враждебны науке.

Эйнштейнианство, развивающее и насаждающее такую систему воззрений в физике, — одна из наиболее активных, воинствующих форм «физического» идеализма на современном этапе развития физической науки. Это именно эйнштейнианцам принадлежат измышления о мистическом «превращении» материи в энергию и энергии в материю. Это эйнштейнианцам принадлежат дикие вымыслы о «конечности вселенной», о том, что «математическая гармония» свидетельствует о «мудрости всевышнего» и т. д. и т. п. Конечным итогом всех нападок эйнштейнианцев на науку является новое повторение одряхлевшего мифа о чудесном «сотворении мира» из фантастического «первоатома», приведенного в движение «перстом божиим».

При этом сам Эйнштейн не стоит в стороне от позорных дел эйнштейнианцев, а санкционирует и одобряет их деяния своим авторитетом. О том, как низко пал Эйнштейн, возглавляющий своих последователей, эйнштейнианцев, свидетельствует хотя бы такой факт. В конце 1948 г. в Нью-Йорке вышла книга некоего Л. Барнета «Вселенная и доктор Эйнштейн», в которой автор взялся открыто пропагандировать махровую поповщину под видом «физической картины мира», якобы рисуемой на основе новейших данных науки. Она была бы ничем не примечательна среди тысяч таких же отвратительных книг, выпускаемых ныне в США, если бы не предисловие к ней, написанное Эйнштейном. В своем предисловии Эйнштейн одобряет эту книгу, заявляя, что якобы «она дает правильную картину наших современных знаний в области физики». Нет никакого смысла цитировать это «произведение» бульварной литературы, насилующей науку. Мы граничимся только одним из высказываний, направленных на подрыв научного знания вообще: «Так, мало-помалу философы и ученые пришли к поразительному выводу, что вся объективная Вселенная, состоящая из материи и энергии, атомов и звезд, существует как конструкция нашего сознания, как система условных знаков, созданных чувствами человека». Но и этой жалкой, с позволения сказать, «Вселенной», создан-

ной бредовым воображением эйнштейнианских истребителей науки, Л. Барнет сулит печальную участь: материя «превращается» в энергию, а энергия «рассеивается», и Вселенная идет к неизбежному концу в виде «тепловой смерти».

Ко всему этому хладнокровно присоединяется Эйнштейн. Роняя свое достоинство как ученого, Эйнштейн защищает и «сотворение мира», и его «гибель», и «конец причинности», и «уничтожение времени», и другие подобные измышления врагов науки.

Существенно отметить, что все эти измышления делаются от имени современной науки и, по мнению самого же Эйнштейна, непосредственно вытекают из всей его теоретической концепции. Какова же эта «теоретическая концепция», если из нее вытекает отрицание науки, уничтожение науки?!

Если из теории вытекают абсурдные, антинаучные выводы, то это значит, что теория несостоятельна, что она не имеет ничего общего с наукой. Это признано в отношении частных физических следствий, которые можно так или иначе проверить на том или ином конкретном опыте; тем более это верно в отношении общих принципиальных выводов, касающихся самых основ мировоззрения и подтвержденных *всей* практикой человечества, всем ходом научного познания. Между тем распространена неверная точка зрения, что порочность следствий общего характера не компрометирует физическую концепцию и не опровергает ее как целое, а означает только неправомерность самих выводов. Некоторые физики нередко заявляют, что та или иная теория есть «физическая теория», а потому-де в ней важны не общие принципиальные выводы мировоззренческого характера, а конкретные следствия измерительного характера, могущие быть наблюдаемыми при помощи той или иной экспериментальной установки. Но стоять на такой точке зрения значит в конце концов толковать сами физические величины, понятия и законы физики в махистском, операционалистском духе. А это значит, в свою очередь, покинуть область самой физической науки и скатиться в идеализм.

Распространено мнение, что теория Эйнштейна нашла обширные и многосторонние подтверждения на опыте, что на ее основе выросли и развились новые отрасли современной теоретической физики, оказавшиеся, в свою очередь, весьма плодотворными в теоретическом и практическом отношениях.

Известно, что о подтверждении теории относительности на опыте говорили и говорят многие физики-материалисты, стоящие на позициях признания объективной реальности

внешнего мира, на признании объективности законов природы. Внешне как будто получается, что идет речь именно о теории Эйнштейна: речь идет о *тех же* уравнениях, о тех же количественных закономерностях, связях между явлениями. Но в действительности это совсем не так. Когда физик-материалист говорит о теории относительности, он имеет в виду *нечто совершенно отличное* от того, что рисуют нам Эйнштейн и эйнштейнианцы в их «теории». Он совсем по-иному понимает смысл уравнений, установленных при исследовании весьма быстрых процессов: он убежден в объективности исследуемого объекта, убежден, что физические величины есть объективное выражение количественной и качественной определенности материальных процессов; он убежден, что изменение свойств материальных объектов при их движении не есть следствие перемены «точки зрения» наблюдателя, а есть неизбежное следствие изменения *материальных условий движения тел. К числу таких условий относится, в частности, и сама скорость движения тел.*

Но это значит, что по сути дела в современной физике нельзя говорить о теории относительности, как о чем-то одном, вполне определенном, бесспорно разделяемом всеми учеными и одинаково трактуемом. Термином «теория относительности» прикрываются два совершенно противоположных направления в теории движений со скоростями, сравнимыми со скоростью света. Оба эти направления используют одинаковые математические уравнения для выражения исследуемых количественных закономерностей, но их общетеоретические основы коренным образом различны. Нельзя смешивать эти непримиримые направления, замечая только сходство внешней формы уравнений. Задача физиков-материалистов состоит в том, чтобы решительно отмежеваться от эйнштейнианской концепции в целом и всесторонне развивать свою собственную концепцию законов быстрых движений.

Когда говорят об экспериментальном подтверждении теории относительности, то физик-материалист имеет в виду совсем не то, что хотят представить Эйнштейн и эйнштейнианцы. Возьмем, например, известный факт изменения времени распада движущегося мезона по сравнению со временем распада покоящегося мезона. Для Эйнштейна дело заключается в том, что *наблюдатель* «отнес» мезон к другой системе координат, в зависимости от этого и вследствие этого и произошло изменение скорости распада мезона. Физик-материалист понимает этот факт совсем по-иному. Время распада мезона стало иным потому, что движущийся мезон — это мезон. существующий в *других условиях*, в других связях и отношениях к окружающим его

материальным телам. Поэтому у него и другая ритмика процессов, поэтому и время распада у него другое.

Физические величины, характеризующие объект в данных условиях, в данных его материальных отношениях к другим телам, в данных связях с ним, *не создаются* измерением, а только обнаруживаются, вскрываются им. Но эти величины *определяются* окружающими материальными условиями, вне которых не существует никакого объекта, никакого явления природы. Товарищ Сталин указывает: «...диалектический метод считает, что ни одно явление в природе не может быть понято, если взять его в изолированном виде, вне связи с окружающими явлениями, ибо любое явление в любой области природы может быть превращено в бессмыслицу, если его рассматривать вне связи с окружающими условиями, в отрыве от них, и, наоборот, любое явление может быть понято и обосновано, если оно рассматривается в его неразрывной связи с окружающими явлениями, в его обусловленности от окружающих его явлений»[1].

Но именно игнорированием этой решающей роли связи физических тел и явлений с окружающими материальными условиями и характеризуется теория относительности Эйнштейна. В ней физические тела и явления сопоставляются друг с другом чисто внешне, кинематически, без осуществления реальной физической связи. И это внешнее сопоставление в представлениях и сознании наблюдателя объявляется причиной реальных физических процессов в материальных телах. Поэтому релятивисту-эйнштейнианцу «все равно», относить ли движение мезона к Земле или же движение Земли к мезону; соответственно этому для него «безразлично», говорить ли, что изменилась ритмика процессов в мезоне, или же что изменилась ритмика процессов во всей Земле; все зависит от «точки зрения» наблюдателя, от выбора мысленно конструируемой им системы координат. Результаты будто бы «обратимы»: хочешь—считай так, а хочешь — считай наоборот! И при этом утверждается, что все это «подтверждено опытом».

Но что в действительности подтвердил опыт, что несомненно установил опыт? Совсем не то, о чем говорят эйнштейнианцы. То, что несомненно признает всякий физик-материалист, это следующее: мезон, движущийся в определенной материальной среде, распадается медленнее, нежели мезон, покоящийся относительно нее. Но никто и никогда не видел, чтобы в зависимости от «точки зрения» наблюдателя, поместившегося на движущемся мезоне, процессы на Земле стали бы протекать

---

[1] «История ВКП(б). Краткий курс», стр. 101.

медленнее. Это не было установлено ни в каком опыте, и это никогда не будет установлено ни в одном из опытов. Та «обратимость», о которой говорят релятивисты-эйнштейнианцы, как о некоем «всеобщем принципе», мнима; это фальшивое утверждение вытекает не из данных опыта, а из порочной идеалистической посылки о том, что законы природы — «свободное творение» человеческого разума, что свойства тел и физических явлений создаются внешним кинематическим отнесением их к той или иной системе координат, зависят от «точки зрения» наблюдателя.

Необходимо подчеркнуть, что во всех реально осуществленных в физической науке экспериментах такая «обратимость» никогда не проверялась; всегда и везде исследовался процесс движения части единой целостной системы относительно всей этой системы. В опыте измерялись реальные изменения свойств этой части системы сравнительно со свойствами, которыми она обладает, находясь в покое относительно той же материальной системы. Таковы, например, опыты по установлению зависимости массы электронов от их скорости, изменению времени распада мезона при его движении и т. д. Всюду, где имели место такие опыты, между телами, движущимися относительно друг друга, существовали не внешние кинематические или геометрические отношения, а реальные физические взаимодействия, реальные физические связи.

Против «обратимости», провозглашаемой эйнштейнианцами, как всеобщем принципе, говорит и следующее важнейшее обстоятельство. Эта «обратимость» относится к тем случаям, когда имеет место *равномерное и прямолинейное* движение тел относительно друг друга. Но такое движение, строго говоря,— чистая абстракция; оно может осуществляться лишь весьма приближенно и к тому же в течение сравнительно коротких промежутков времени и на небольших участках пространства. На самом деле имеют место ускоренные движения тел относительно друг друга, а ускорение не относительно, а абсолютно; оно не зависит от выбора систем координат и относится именно к тому телу, которое испытывает ускорение. Это значит, что в реальной обстановке вовсе не «все равно», считать ли мезон движущимся, а Землю покоящейся, или же считать мезон покоящимся, а Землю движущейся относительно мезона, ибо именно мезон, приобретая ту или иную скорость, обладает ускорением.

В реальных условиях материальные тела не просто инерциально перемещаются относительно друг друга, будучи всегда в точности одними и теми же, а совершают весьма сложные дви-

жения, переживая подлинную историю, качественно изменяясь, возникая из других тел и превращаясь в другие тела. Инерциальное движение неизменных тел относительно друг друга — лишь частный, скоропреходящий момент в их подлинной судьбе.

Пытаясь делать обобщающие выводы о пространственно-временных свойствах материальных объектов, нельзя опираться только на этот частный момент, на абстракцию, отображающую лишь одну сторону процессов природы, лишь одну их черту. О какой «обратимости» движения в пространстве и времени можно говорить в рассматриваемом нами примере с движущимся мезоном, если сам этот мезон в какой-то момент возникает в поле Земли, ускоряется, достигая какой-то скорости, и весьма скоро после этого распадается?

Всем этим мы не хотим сказать, что представление об инерциальном движении — ненужная, пустая абстракция и ею не следует или нельзя пользоваться. Нет. Мы только подчеркиваем, что для установления физической сущности происходящих при таком движении процессов надо *выйти за пределы* этой абстракции и взглянуть на весь вопрос с более широкой точки зрения. Чтобы пояснить эту мысль, сошлемся на пример электростатики и электродинамики. Понятие поля как объективно-реальной формы материи не возникает в пределах электростатики в явной форме; существование поля маскируется специфической формой законов электростатики, связывающих взаимодействие зарядов непосредственно на большом расстоянии друг от друга.

Иное дело в электродинамике. Здесь введение понятия поля как физического материального объекта просто необходимо и неизбежно. Но это вовсе не значит, что в электростатике господствует дальнодействие, а в электродинамике — близкодействие. И там и здесь речь идет об электромагнитном поле, формы проявления которого там и здесь различны. Чтобы понять подлинную сущность законов электростатики, необходимо от статических полей перейти к переменным полям. То же самое имеет место и в теории движения с большими скоростями: чтобы понять сущность того, что происходит при инерциальных движениях материальных объектов, необходимо исходить из результатов исследования неинерциальных движений.

Природа существует не как бессвязный «набор» или случайная совокупность изолированных тел, лишь внешне, чисто кинематически относящихся друг к другу в их пространственном перемещении. На самом деле материальные тела образуют целостные системы тесно взаимосвязанных объектов, определенные структурные образования, подчиненные той или иной

единой, господствующей в них закономерности. *В телах, изменивших в той или иной степени свои связи с единой материальной системой, частью которой они являются, неизбежно наступают реальные изменения пространственных и временных свойств;* причиной этих изменений и является указанное изменение действительных физических связей, а не произвольное изменение «точки зрения» наблюдателя. Поскольку изменение материальных связей, условий движения тел имеет вполне определенный характер, изменение их свойств также является вполне определенным. Определенным изменившимся условиям движения соответствуют вполне определенные пространственно-временные свойства тел, поскольку последние стоят в прямой зависимости от этих условий.

Масса тел, их длина, присущая им ритмика внутренних процессов и т. п. являются *относительными.* Эту относительность следует понимать в том смысле, что они зависят от движения тел относительно целостной материальной системы, частью которой они являются и с которой они связаны реальными физическими связями, взаимодействиями.

Учет реальной обстановки движения материальных тел в корне подрывает утверждения релятивистов-эйнштейнианцев об «обратимости» изменения пространственных и временных свойств материальных объектов и тем самым их отрицание объективно присущей материальным объектам количественной и качественной определенности.

Все сказанное выше отнюдь не означает, что всегда и во всех случаях для расчета эффектов, связанных с быстрыми движениями, необходимо рассматривать движение тел только по отношению к целой системе, в которую они входят, и что нельзя рассматривать их движение по отношению друг к другу.

Это вполне допустимо и оправдывается на деле.

Какой же смысл будет иметь в таком случае математическое преобразование от системы координат, связанной с данной системой тел, к системе координат, связанной с одним из тел? Это преобразование определит *возможные значения* длины, массы, ритмики внутренних процессов и тому подобных величин, характеризующих тела, для тех случаев, когда тело *стало бы* двигаться по отношению ко всей системе тел так же, как оно движется относительно данного тела, с которым связана новая система координат. Такой же смысл имеет и обратный переход при преобразовании координат.

Так, при расчете явлений в ускорителях заряженных частиц можно рассматривать движение одних частиц относительно других и определять *возможные изменения* длин, масс и т. п.

Вся совокупность прямых и обратных преобразований Лоренца, выражающая переход от данной системы координат ко всему бесконечному многообразию инерциальных систем координат, образующих так называемую группу, дает характеристику свойств материальных объектов по их *возможным проявлениям в различных условиях движения*. Эта совокупность преобразований Лоренца вовсе не означает неопределенности значений физических величин, их зависимости от «точки зрения» наблюдателя или самого наблюдателя.

Перейдем к общей теории относительности Эйнштейна.

Создавая общую теорию относительности, Эйнштейн стремился развить ту же самую идею, что и в специальной теории относительности, и путем замены «точки зрения» одного наблюдателя бесконечной совокупностью «точек зрения» множества произвольно движущихся наблюдателей объявить «относительными» *все вообще движения* в природе; объявить относительными не только скорости, но и ускорения. Так именно общая теория относительности Эйнштейна и была воспринята физиками в первые годы после ее опубликования. Так, истолковывая содержание общей теории относительности, Эйнштейн заявлял, будто бы современная физика приводит к выводу, что борьба Коперника против воззрений Птоломея, сыгравшая поистине историческую роль в судьбах всего естествознания, была «бессмысленной». Это кощунственное по отношению к науке утверждение подхватили, подняли на щит мракобесы всех стран, превознося на все лады Эйнштейна.

Но весь генеральный замысел Эйнштейна на самом деле оказался *несостоятельным*. Как показали советские ученые, в особенности академик В. А. Фок, никакой относительности ускорений общая теория относительности не доказала и не могла доказать, ибо ее не существует в природе. От попыток опорочить борьбу Коперника против церковных догматов за научное миропонимание не осталось и следа.

Основой и исходной точкой общей теории относительности Эйнштейна объявляется так называемый «принцип эквивалентности». Его содержание составляет утверждение, что гравитационное поле равноценно или эквивалентно системе отсчета, ускоренно движущейся в пространстве, свободном от гравитации.

Это утверждение аргументируется обычно следующим примером. Возьмем две системы координат — одну покоящуюся в гравитационном поле, а другую движущуюся ускоренно в отсутствии гравитационного поля. Рассмотрим движение по отношению к обеим этим системам какой-то материальной точки.

Подбирая надлежащим образом ускорение неинерциальной системы координат, можно добиться того, чтобы эта материальная точка двигалась по отношению к ускоренной системе координат точно так же, как она двигалась бы по отношению к покоящейся системе, но находясь под воздействием гравитационного поля. Поэтому и считают, что неинерциальная система отсчета физически «эквивалентна» соответствующему гравитационному полю. Эйнштейн пишет: «Поэтому мы истолкуем это движение как движение, происходящее под влиянием гравитационного поля»[1]. В соответствии с этим Эйнштейн допускает, что обе системы координат «физически в точности равноценны»[2], а следовательно, нельзя говорить об абсолютности ускорения.

Так как движение неинерциальной системы координат по отношению к покоящейся системе характеризуется совокупностью коэффициентов преобразования для перехода от второй системы к первой, а неинерциальная система координат «эквивалентна» гравитационному полю, то из этого делается вывод, что само гравитационное поле определяется именно этими коэффициентами преобразования координат. Далее, те же коэффициенты преобразования координат характеризуют и метрику пространства-времени. Отсюда был сделан порочный вывод о том, что поле тяготения и *есть* не что иное, как метрика пространства-времени. В ходе приведенных выше рассуждений Эйнштейна, основных и типичных для его общей теории относительности, произошла *подмена* реального физического объекта — гравитационного поля, являющегося одной из форм материи, воображаемым «объектом», само «существование» которого обязано просто выбору наблюдателем новой «точки зрения».

Действительно, в общей теории относительности Эйнштейна происходит подмена реального гравитационного поля, существование которого не зависит и не может зависеть ни от какого наблюдателя и его «точек зрения», тем воображаемым «полем тяготения», которое эквивалентно введению ускоренно движущейся системы координат и которое может создаваться и уничтожаться преобразованием координат. Соотношения, пригодные для характеристики свойств такого «поля», являющегося не более чем имитацией действительного поля, затем переносятся на реальное гравитационное поле. Однако физическое отождествление реального гравитационного поля с его имита-

---

[1] А. Эйнштейн. Основы общей теории относительности. Сб. «Принцип относительности», стр. 244.

[2] А. Эйнштейн. О влиянии силы тяжести на распространение света. Сб. «Принцип относительности», стр. 219.

цией, с воображаемым «полем», соответствующим ускоренно движущейся системе координат, совершенно неправильно. Подлинной физической тождественности поля тяготения и «поля» сил инерции нет. Между ними существуют коренные отличия, игнорировать которые в научной теории недопустимо. Хорошо известно, что имитационное «поле», эквивалентное неинерциальной системе, может быть исключено, т. е. уничтожено надлежащим преобразованием координат — путем перехода к инерциальной системе отсчета, или «создано» обратным переходом. В противоположность этому, реальные гравитационные поля существуют в любой инерциальной системе и никаким преобразованием координат не могут быть «исключены» или «уничтожены». Это связано с тем чрезвычайно важным обстоятельством, что реальные гравитационные поля на бесконечном удалении от создающих их тел убывают к нулю, в то время как «поля», соответствующие неинерциальным системам отсчета, в бесконечности неограниченно возрастают или, в крайнем случае, остаются постоянными. Поэтому действительной физической тождественности между реальными гравитационными полями и «полями», соответствующими неинерциальным системам отсчета, не существует. Единственно, что можно отметить, это некоторую *ограниченную внешнюю аналогию* между гравитационными полями и неинерциальными системами координат на бесконечно малых участках пространства и бесконечно малых интервалах времени. Не исключено, что она может быть использована для раскрытия свойств реального гравитационного поля, но безусловно не так, как это делается в общей теории Эйнштейна,— не путем отбрасывания реального материального объекта и замены его воображаемой неинерциальной системой координат.

Нельзя забывать, что универсализация указанной аналогии и подмена на основе этой аналогии реального физического объекта воображаемым «полем» неизбежно ведут к тем порочным выводам принципиального характера, которые делает сам Эйнштейн и все эйнштейнианцы, лишающие объективности законы природы, субъективирующие пространство и время. Совершив указанную выше подмену, Эйнштейн аргументирует ею «требование всеобщей ковариантности, *отнимающее у пространства и времени последний остаток физической предметности*»[1]. К попыткам окончательно лишить пространство и время «физической предметности», т. е. объективности, и направлена вся тенденция общей теории относительности

[1] А. Эйнштейн. Основы общей теории относительности. Сб. «Принцип относительности», стр. 240 (курсив мой.— *И. К.*)

Эйнштейна. Уравнения тяготения, пришедшие на смену ньютоновскому закону тяготения, в действительности Эйнштейном не выведены физически, а угаданы и должны трактоваться совсем не так, как они трактуются в общей теории относительности Эйнштейна, полностью кинематизирующей и геометризирующей материальное гравитационное поле.

Идейно-философский тупик, в который с годами уходил все глубже Эйнштейн, имеет неизбежным следствием научную бесплодность. В сущности творческая деятельность Эйнштейна фактически прекратилась уже много лет назад. Последней его значительной работой было исследование по вопросам квантовой статистики в 1924 г. Характерно, что это была работа, совсем не связанная с проблемами движения с большими скоростями, где над ним довлеют порочные, махистские воззрения. С тех пор вот уже в течение четверти века Эйнштейн, пытающийся развивать дальше свои взгляды по вопросам пространства и времени, не выдвинул ни одной плодотворной научной идеи, а все его попытки создать так называемую «единую теорию поля» на старых позициях остаются совершенно бесплодными. Эти попытки и не могли ничего дать, так как Эйнштейн ставил перед собой задачу связать электромагнитное поле и поле тяготения чисто формально, путем конструирования «чистого описания», не вскрывающего их подлинной физической связи.

Пример Эйнштейна свидетельствует о том, сколь пагубна реакционная идеалистическая философия для творчества ученого, для развития естествознания.

Тот факт, что Эйнштейн в области теоретической физики зашел в безвыходный тупик, не есть результат просто его личных склонностей и особенностей как ученого, хотя, конечно, и они сыграли известную роль. Корни этого лежат гораздо глубже. Этот факт является отражением того общего положения, в котором находится естествознание в условиях классового эксплуататорского общества. Он есть проявление характерного для этого общества противоречия между объективным содержанием положительных достижений естествознания и господствующей буржуазной идеологией и связанного с ним метода теоретического мышления естествоиспытателей. Распространение эйнштейнианских воззрений есть одно из выражений все углубляющегося кризиса науки в условиях империализма.

Если Эйнштейн и подобные ему буржуазные ученые все же способны делать положительные открытия, то это происходит вопреки их гнилостной философии прежде всего потому, что эти открытия не рождаются на пустом месте. К этим открытиям

они подводятся всем ходом *материалистического* естествознания. Они выражают то, к чему уже подготовлена человеческая мысль предшествующим ходом объективного познания мира. Но они делают это в искаженной, извращенной форме, в силу чего оказываются неспособными дать принципиальные теоретические обобщения, адэкватные достигнутым успехам науки, неспособными извлечь все следствия, вытекающие из уже достигнутых наукой результатов.

По этой причине развитие науки становится трудным и болезненным. Империалистическая буржуазия, заинтересованная в развертывании военной промышленности, в создании средств массового уничтожения людей, в развитии техники, там, где это сулит максимальные прибыли, не может не допускать развития отраслей науки, которые она может использовать для своих корыстных и человеконенавистнических целей. Это также означает, что она оказывается вынужденной терпеть, чтобы в своей *лаборатории* ученые судили об изучаемых явлениях и их закономерностях, как о не зависящих от их воли и сознания, как познаваемых средствами материалистической науки,— ведь только на таком пути и возможно сколько-нибудь эффективное раскрытие законов явлений. Но она требует от своих ученых за пределами их узко специальных исследований исповедывания идеализма в любой его наукообразной форме, предоставления места для «веры», «провидения» и т. п. Поэтому в условиях империализма, как указывал В. И. Ленин, развитие науки происходит «не прямо, а зигзагами, не сознательно, а стихийно, не видя ясно своей „конечной цели", а приближаясь к ней ощупью, шатаясь, иногда даже задом»[1].

Именно поэтому развитие науки в капиталистических странах приводит к появлению не только жизнеспособных продуктов, значительных открытий, но и к появлению кучи отбросов, подлежащих отправке в помещение для нечистот. «К числу этих отбросов,— писал В. И. Ленин,— относится весь физический идеализм, вся эмпириокритическая философия вместе с эмпириосимволизмом, эмпириомонизмом и пр. и т. п.»[2]. К этим отбросам относится и все эйнштейнианство, непримиримо враждебное объективному содержанию физической науки, в корне противоречащее ему.

Между тем некоторые советские ученые не увидели этого и, будучи введены в заблуждение рекламной шумихой эйнштейнианцев о том, что якобы теория Эйнштейна, так, как она

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 299.
[2] Там же.

им самим понимается, подтверждена на опыте, выступили пропагандистами эйнштейнианских идеалистических воззрений на пространство, время, законы природы, сущность физической науки.

В качестве примера этого мы могли бы указать на лекции по теории относительности академика Л. И. Мандельштама[1].

Автор лекций, слепо следуя за Эйнштейном, объявляет, что главное в физической теории состоит в том, чтобы *условиться* надлежащим образом об измерении физических величин причем, как и у Эйнштейна, сами эти физические величины понимаются просто как совокупность условно принятых «рецептов измерения». Так, время «есть то, что показывает стрелка моих часов»[2]. Поэтому, согласно Мандельштаму, мы *не познаем*, что такое длина, время, одновременность и т. д., а *определяем* их. По его мнению, «бессмысленно» спрашивать, например, что такое длина объективно. Он представляет дело так, что будто бы это все равно что спрашивать, «как узнали», что одна из планет солнечной системы *именуется* Венерой: мы это не узнали, а условно ее так назвали. «Я тоже не узнал, что такое длина,— пишет Л. И. Мандельштам, — а я определил, чтó я назову длиной»[3].

Чтó такое длина — можно определять, по Мандельштаму, по-разному. Важно, чтобы какое-нибудь из этих выбранных нами определений было удобным, не было внутренне противоречивым, являлось однозначным и удовлетворяло еще некоторым логическим требованиям. Законы физических явлений и есть следствие этих принятых нами определений. Так, мы можем, по Мандельштаму, в качестве часов принять вращение Земли. Если мы это примем, то «нельзя спросить: действительно ли Земля в равные времена поворачивается на равные углы? Мы так определили равные времена»[4]. Но тогда будет неверен закон инерции: тело, движущееся по инерции, за «равные», при таком определении, промежутки времени, не будет проходить одинаковых путей. Мы должны будем сформулировать какой-то другой закон движения материальных объектов при отсутствии на них внешнего воздействия. Если же принять

---

[1] Л. И. Мандельштам. Полн. собр. трудов, т. V, 1950. Следует отметить, что эти лекции были прочитаны Л. И. Мандельштамом еще в 1933—1934 гг. и текст их, записанный его учениками, не был им подготовлен к печати. Издание записок лекций было предпринято по инициативе учеников Л. И. Мандельштама и осуществлено после его смерти.

[2] Там же, стр. 185.

[3] Там же, стр. 178.

[4] Там же, стр. 179.

закон инерции, то мы должны время определять каким-нибудь иным путем.

Во всех этих рассуждениях Л. И. Мандельштама ясно видно, что научные понятия, законы науки для него — не отражения объективной действительности, все более и более точно отражающие ее, присущие ей объективные связи явлений, а условные конструкции человеческого мышления, которые мы можем менять по своему усмотрению, руководствуясь соображениями удобства. Поэтому познание, отображение внешнего объективного мира у него подменяется условными определениями. Именно поэтому он заявляет: «Целый ряд понятий (пространства, времени, одновременности и т. п. — *И. К.*) не познается, а *определяется для познания* природы. Эйнштейн показал, что именно этот момент был упущен из виду, и в этом его главная заслуга»[1].

Сосредоточив вслед за Эйнштейном все свое основное внимание на «доказательстве» условности научных понятий, на попытках подтвердить положение Эйнштейна и эйнштейнианцев (см., например, приведенные выше высказывания Эддингтона) о том, что физические величины есть просто совокупность «условных рецептов измерения», Л. И. Мандельштам пускает свободно разгуливать по страницам своих лекций пресловутых эйнштейнианских «наблюдателей», занятых конструированием «определений», направленных против основ материалистической теории познания.

Пытаясь хоть как-то отгородиться от субъективизма, Л. И. Мандельштам заявляет, что «наблюдателей» можно было бы и убрать, поставив, вместо них, автоматические приборы: «Можно было бы вообще устранить наблюдателей и пользоваться автоматическими приборами. Поэтому ни о какой субъективности не может быть и речи»[2]. Но в том-то и дело, что никакой заменой «наблюдателей» автоматически действующими приборами нельзя не только устранить, но даже просто скрыть субъективно-идеалистического характера эйнштейнианской трактовки сущности физической теории: производят ли наблюдения и измерения живые люди или же изготовленные ими автоматические приборы, этим совершенно не устраняется порочность представления о том, что физические понятия и законы — дело наших условных соглашений.

Подобного же рода в корне ошибочные воззрения существуют и в ряде других работ некоторых советских ученых,

---

[1] Л. И. Мандельштам. Полн. собр. трудов, т. V, стр. 180.
[2] Там же, стр. 228.

раболепно пошедших за эйнштейнианцами во вред нашей советской науке.

Встает, однако, вопрос: не означает ли критика эйнштейновской теории относительности провозглашение необходимости возврата к прежде господствовавшим в физике воззрениям ньютоновской механики, к представлениям о так называемых «абсолютном» пространстве, «абсолютном» времени, «абсолютном» движении и т. д.?

Нет, не означает!

Вся история развития физики на протяжении XIX—XX вв. вела к установлению ограниченности этих воззрений, к признанию необходимости значительного углубления старых понятий пространства, времени, движения, массы и т. п. Закономерности движения электромагнитных полей, познание законов весьма быстрых движений материальных объектов неизбежно приводили естествоиспытателей к выводу, что пространство и время не только объективны (как это принималось в физике XIX в.), но также и неотрывны от движущейся материи, взаимосвязаны друг с другом, что свойства пространства и времени определяются свойствами движущейся материи.

Но дело заключается не только в этом. Главное состоит в том, что к новым представлениям вела марксистская философия, совершившая переворот в философии. Она совершила революцию и в решении проблемы пространства, времени, движения, имеющей решающее значение для развития естествознания. То, к чему приводили в одной из областей науки, в ограниченной форме, правильно понятые закономерности весьма быстрых движений, задолго до того во всеобщей форме уже было открыто классиками марксизма. Гигантские теоретические достижения диалектического материализма остались, однако, в силу социальных условий буржуазного общества, не использованными естествоиспытателями. Естествознание поэтому ощупью, стихийно, десятилетиями только-только подходило к тому сокровищу идей, которым уже была фактически обогащена человеческая мысль с возникновением марксизма, притом приходило в узкой, порой извращенной форме, удушающей новое, прогрессивное.

Это новое понимание пространства, времени, движения, к которому двигалось прогрессивное естествознание, не видя в условиях капиталистического общества путей, открытых диалектическим материализмом, было *извращено* теорией относительности Эйнштейна, *идеалистически фальсифицировавшей* положительные достижения науки, накопленные при изучении

весьма быстрых процессов, протекающих со скоростью света или скоростью, сравнимой с ней.

Исходным пунктом того круга идей, который в физике приводил к разработке новых представлений о пространстве и времени, были труды великого русского ученого Н. И. Лобачевского — творца неэвклидовой геометрии. Лобачевский первым в истории естествознания выдвинул идею неразрывной связи свойств пространства и материи, обусловленности свойств пространства свойствами движущейся материи. Реализацией этой идеи была созданная им новая геометрия. Без создания неэвклидовой геометрии Лобачевского было бы невозможно понимание законов быстрых движений, открытых позже. Работы Н. И. Лобачевского нанесли сокрушительный удар как по кантианским идеалистическим представлениям о пространстве, согласно которым пространство есть априорная, внеопытная форма сознания, так и по метафизическим ньютоновским взглядам, согласно которым пространство есть некая абсолютно неизменная сущность, совершенно не зависящая от материи.

Критику ньютоновских взглядов позднее подхватил русский физик-материалист Н. А. Умов (в 1896 г.). Он особенно подчеркивал, что нельзя рассматривать материальные тела как находящиеся в абсолютно пустом пространстве, совершенно не связанном с этими телами. Он считал, что законы механики Ньютона, опирающейся на такие представления, не могут быть справедливыми с полной точностью, и прямо указывал на возможность зависимости массы тел от скорости, на ограниченность представления о независимости действия сил от движения материальных объектов. Умов прозорливо предвидел, что законы механики Ньютона не останутся справедливыми в тех случаях, когда материальные тела будут двигаться со скоростями, близкими к скорости света.

Выдающуюся роль в создании новых представлений о массе и установлении связи между массой и энергией сыграли работы П. Н. Лебедева по обнаружению и измерению светового давления. Они не только окончательно сломили сопротивление противников электромагнитной теории, среди которых были даже такие крупные физики, как Кельвин, но и дали решающее доказательство наличия массы у электромагнитного поля и наличие связи между присущей ему массой и энергией.

Краеугольные камни в познании законов быстрых движений заложил своими трудами физик-материалист Г. Лоренц. Ему принадлежит заслуга установления уравнений преобразования пространственных и временных величин, справедливых при больших скоростях. Он сделал глубокую материалистическую

попытку физически истолковать факт изменения свойств тел — их протяженности, массы и т. д. — при их движении.

Усилиями многих физиков, среди которых можно назвать Ланжевена, Эйнштейна, Планка, Минковского и др., исследовавших экспериментально и теоретически процессы с большой скоростью, проблемы электродинамики движущихся сред, был установлен ряд важнейших закономерностей этой области явлений.

Так, было установлено количественное выражение для зависимости пространственных и временных свойств движущихся материальных объектов и их массы от скорости. Был найден новый закон сложения скоростей для тел, участвующих сразу в нескольких быстрых движениях. Была найдена новая общая форма связи между энергией и массой, справедливая не только для электромагнитного поля, но и для любых материальных объектов; была установлена также новая форма связи между энергией, массой и импульсом быстро движущихся тел. На основе всего этого удалось обобщить законы механики Ньютона на случай больших скоростей и создать динамику быстрых движений. Существенным достижением было то, что удалось нащупать более тесную и глубокую связь между электрическими и магнитными полями.

Необходимо отметить, что важную роль в открытии некоторых из указанных физических закономерностей сыграли работы А. Эйнштейна. Однако созданная им теоретическая концепция всей совокупности законов быстрых движений стоит в непримиримом противоречии с существом вновь найденных законов.

Все эти вновь установленные физикой XX в. закономерности не являются обособленными и независимыми друг от друга. Они представляют собой *систему количественно выраженных взаимосвязей* между рядом различных явлений и сторон материальных объектов. Именно эта система законов, *истолковываемая материалистически*, и была подтверждена на опыте и послужила отправным пунктом и основой для возникновения новых важных разделов современной физики. Ее-то и называют «теорией относительности» физики-материалисты. Таким образом, указанная система количественно выраженных закономерностей — не пустая умозрительная схема, просто объединяющая ранее известные факты, а действительно работает на пользу дальнейшего развития физической науки, способствует открытию и объяснению *новых* явлений и законов. Можно было бы здесь отметить, что указанные закономерности послужили опорой для разработки идеи о волновой природе

материи. Де-Бройль непосредственно опирался на эти законы; система законов быстрых движений, таким образом, помогла возникновению квантовой механики. Современная теория излучения, количественно рассчитавшая ряд таких чрезвычайно сложных и тонких явлений, как образование гамма-лучами пар электронов и позитронов и обратный этому процесс превращения пар электронов и позитронов в гаммы-кванты, испускание электромагнитного излучения при торможении быстрых электронов и т. д., основывается на указанных законах. Можно было бы отметить, что найденная общая зависимость массы от скорости и взаимосвязь массы и энергии послужили основой успехов в расчете энергетического выхода ядерных реакций, в количественной оценке сил связей в ядрах атомов, в расчетах мощных ускорителей заряженных частиц (бетатронов, циклотронов и других подобных устройств), необходимых для осуществления искусственных ядерных превращений.

Эта совокупность взаимосвязанных математически выраженных закономерностей несовместима с метафизическими ньютоновскими представлениями об «абсолютных» пространстве и времени как о неких неизменных сущностях, обособленных от материи, оторванных от нее; она несовместима с представлением об «абсолютном» движении как о движении относительно «пространства самого по себе». Вся эта совокупность познанных закономерностей быстрых движений требует утверждения в физической науке новых для нее представлений о пространстве, времени, движении, коренным образом отличающихся от ранее господствовавших в ней. Она требует введения представления об объективных пространстве и времени, неразрывно связанных с материей и ее движением, а также друг с другом; требует рассмотрения физических величин, выражающих количественную и качественную определенность материальных объектов, в неразрывной связи с окружающими материальными условиями, с условиями движения.

Незыблемую основу для этих воззрений дает марксистско-ленинская философия, диалектико-материалистическое учение о пространстве и времени, как об объективно-реальных формах существования материи. Задача советских физиков состоит в том, чтобы, опираясь на это учение, разработать целостную материалистическую теорию быстрых движений. Без этого учения, в стороне от него, такие попытки не могут иметь успеха, ибо познание природы проникло теперь настолько глубоко в сущность вещей, что *диалектическая природа процессов прорывает всякие попытки метафизически запеленать или скрыть ее*. Только материалистическая диалектика

как говорил Энгельс, является подлинным аналогом процессов природы, и потому она — единственно правильный метод объяснения ее.

Все это означает, что установленная в современной физике система количественно выраженных закономерностей движений с большими скоростями составляет значительное достижение современной физической науки, имеющее не просто расчетно-техническое, а принципиальное значение. Но для создания подлинно научной последовательной *физической теории* таких процессов нельзя ограничиться простым отбрасыванием идеалистических представлений Эйнштейна и эйнштейнианцев о пространстве и времени, о физических законах и величинах, и голым признанием того, что указанная система уравнений является отражением объективных закономерностей природы.

Основой теории являются конкретные физические представления об изучаемых объектах, о внутренней сущности связей между различными явлениями и различными сторонами материальных объектов. Они-то для процессов, протекающих со скоростями, сравнимыми со скоростью света, в значительной степени *остаются до сих пор не разработанными*.

Серьезнейшим недостатком в работе наших физиков и философов является то, что они до сих пор не дали сокрушительной критики эйнштейнианства в целом и эйнштейнианских ошибок в нашей советской литературе; что наши физики, занятые приложением отдельных законов быстрых движений к решению конкретных научных проблем, по сути дела *оставили без внимания задачу разработки принципиальных физических основ теории быстрых движений в целом*, стоящих в соответствии с объективным характером познанных законов, отвечающих марксистско-ленинскому мировоззрению.

Приходится констатировать, что установленная в физической науке система закономерностей быстрых движений так и не получила в нашей литературе целостного последовательного истолкования с позиций марксистско-ленинской философии. Отнюдь не случаен тот факт, что в советской литературе до сих пор нет обстоятельного научного труда, в котором всесторонне излагалась бы *материалистическая* «теория относительности», решительно порывающая с субъективистской эйнштейнианской концепцией материи, движения, пространства и времени. Следует со всей силой подчеркнуть, что нащупанная в современной физике зависимость пространственных и временных величин от материального движения, зависимость массы от скорости и тому подобных закономерностей не имеет глубокого физического объяснения. В работах, посвященных тео-

рии движения с большой скоростью, абстрагируются от структуры материи и исследования физической природы процессов, происходящих в самих движущихся телах. Применяемые при этом лоренцовы преобразования выражают только конечный результат этих процессов, проявляющихся в так называемых «лоренцовых сокращениях» и других аналогичных явлениях, обычно именуемых «релятивистскими эффектами». Существующие в современной физике воззрения в области процессов с большими скоростями страдают тем существенным недостатком, что они еще не доходят до вскрытия прямой связи свойств материальных объектов, обладающих большими скоростями, с их структурой, с окружающим их полем.

Попытка связать «лоренцовы сокращения» со структурой материи, с полем, окружающим частицы вещества, была. Она принадлежала Лоренцу. Она не сохранилась в науке потому, что он ошибочно стремился сохранить представление об «абсолютном» движении, понимал движение как движение относительно некоей всегда неподвижной мировой среды. Между тем эта попытка ценна своей исходной принципиальной идеей. И эта идея стала еще более значительной. Будущая физическая теория движения с большими скоростями должна с самого же начала исходить из этого стремления *физически объяснить* «лоренцовы сокращения» и другие «релятивистские эффекты», связав их с реальными процессами в материи. Она должна не просто *констатировать наличие* этих эффектов, как это делается теперь, а дать ясную картину того, результатом взаимодействия каких именно физических процессов они являются; она должна представить их как результат органической связи тел с окружающими их материальными полями.

В теории гравитации должны быть отброшены попытки подмены реального физического объекта — материального гравитационного поля — мысленно конструируемыми «полями», попытки геометризовать реальные поля и должны быть найдены пути для непосредственного выражения действительно существующей связи гравитации и метрики пространства-времени.

Это позволяет установить *границы* применимости вышеуказанной системы закономерностей весьма быстрых движений. В сущности область действия ныне известных законов — стационарные физические процессы на сравнительно ограниченных участках пространства и ограниченных интервалах времени. Это следует уже из того, что, как мы уже отмечали, в действительности, строго говоря, инерциально движущихся систем нет. Реальные системы только в той или иной степени приближаются к

инерциальным, и тем ближе, чем в меньший промежуток времени мы рассматриваем их движение[1]. Существующая тенденция универсализировать лоренцовы преобразования и вытекающие из них соотношения, справедливые непосредственно лишь для определенного круга явлений, тенденция распространять их на любые силовые поля и любые физические процессы без должного изучения самой возможности такой экстраполяции, не может быть признана правильной.

Критикуя общефилософские идеалистические высказывания Эйнштейна, нередко говорят о необходимости сохранения теории относительности Эйнштейна как «физической теории». Из сказанного выше следует, что такой подход к *эйнштейновской* теории относительности неправилен. Во-первых, общефилософские положения, провозглашаемые Эйнштейном, не являются на самом деле неким внешним «привеском» к его теории, всего лишь «неправомерным *выводом* из нее», а входят в нее, существенно определяют само ее содержание. Сами по себе уравнения, фигурирующие в этой теории, не составляют «физической теории». *Материалистическое же* истолкование закономерностей быстрых движений есть в действительности *отказ от теории относительности Эйнштейна как от физической теории* и развитие принципиально иной по своей сути физической теории. Во-вторых, стремление «подправлять» эйнштейновскую теорию относительности, «чинить» или «латать» ее запутывает фактическое положение дел в этой области физики. Оно неправильно ориентирует ученых, снимает с физиков задачу всесторонней разработки основ действительно научной и последовательной теории движения с большой скоростью, основанной на принципах диалектического материализма, адэкватно выражающей сущность уже познанных закономерностей и открывающей пути для раскрытия новых закономерностей.

Только отказ от концепции Эйнштейна в целом, а не компромиссные решения и полумеры в отношении ее, позволяют решить эту задачу во всем объеме, двинуть науку дальше.

Кстати говоря, законы движения с большими скоростями не содержат в себе никакой такой «относительности», о которой говорят «физические» идеалисты, и поэтому от термина «теория относительности», применяемого как физиками-материалистами, так и «физическими» идеалистами, следовало бы отказаться. Теорию таких процессов, в соответствии с ее объек-

[1] В этой связи следует отметить целесообразность понятия о «степени инерциальности» систем, вводимого Р. Я. Штейнманом.

тивным содержанием, следовало бы назвать *теорией движения с большими скоростями* (сравнимыми со скоростью света) *или теорией быстрых движений*. Этот термин соответствовал бы мысли В. И. Ленина о том, что «механика была снимком с медленных реальных движений, а новая физика есть снимок с гигантски быстрых реальных движений»[1].

* * *

Значительные задачи стоят перед советскими физиками и в теории микропроцессов — другой важнейшей области современной физической науки, исследующей специфические закономерности движения микрообъектов.

За последние годы советскими физиками проделана важная работа по критике идеалистических воззрений в области теории микропроцессов. В частности, был подвергнут критике порочный идеалистический «принцип дополнительности», выдвигавшийся «физическими» идеалистами в качестве основы всей теории микропроцессов; были отвергнуты антинаучные представления о «принципиальной координации» микрообъектов с макроскопическими приборами, о якобы обязательной макроскопической форме знания микрообъектов; были разоблачены попытки идеалистов использовать соотношение неопределенностей для «опровержения» принципа причинности и провозглашения мнимого торжества индетерминизма и т. д.

Советскими физиками предприняты серьезные попытки последовательно изложить принципы теории движения микрообъектов с позиций материализма.

Однако еще остается значительная работа по дальнейшему разоблачению буржуазных воззрений и в этой области физической науки, влияющих на понимание дальнейших задач разработки теории движения микрообъектов и мешающих преодолению присущих квантовой механике ограниченностей.

Как известно, современная квантовая механика дает *статистическое* выражение закономерностей, свойственных движению микрообъектов. Она позволяет определять *вероятности* местонахождения микрообъектов в той или иной области пространства в данных материальных условиях, а также *вероятности* того, что микрообъекты будут иметь то или иное значение физических величин, характеризующих их состояние. Вместе с тем, закон, определяющий изменение вероятности местонахождения микрообъектов в данных условиях.

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 252.

позволяет однозначно определять значения энергии замкнутых микросистем.

Квантовая механика характеризует состояние микрообъекта не указанием, в какой именно точке пространства находится микрообъект, обладающий данной скоростью, а указанием на то, как распределяется в пространстве особая величина, характеризующая *возможности проявления* микрообъекта при данных условиях. Эта величина есть «пси-функция», или «волновая функция». Согласно принятым взглядам, она является «полем вероятностей». Это «поле вероятностей» не есть какое-либо физическое поле, обладающее способностью к реальным взаимодействиям с материальными полями или телами, не есть материальный объект, обладающий энергетическими или импульсными характеристиками. Вместе с тем это есть *объективная* характеристика состояния микрообъекта по его возможным проявлениям в данных материальных условиях. Она отражает свойства самого микрообъекта, а не знание о нем «наблюдателя», производящего измерения, ибо микрообъект имеет принадлежащие ему свойства и проявляет эти свойства совершенно независимо от наличия «наблюдателя», а только в зависимости от окружающих материальных условий. Заслуга современной физики в том, что она поставила в прямую и неразрывную связь возможности проявления различных свойств микрообъектов с окружающими их материальными условиями.

В силу существа самого своего метода квантовая механика в настоящее время не дает пространственно-временно́го течения микропроцессов, не дает прямого адэкватного отображения движения микрообъектов в пространстве и во времени. Она позволяет оценить только *конечные результаты* движения микрообъектов, отвечая не на вопрос, *как именно* в пространстве и времени протекало движение микрообъекта, а на вопрос, как изменяются в пространстве и времени возможности проявления свойств микрообъектов при изменении внешних условий.

Особенность квантовой механики в том, что она по сути дела — теория *стационарных состояний* микрообъектов. Для нее характерен своего рода квазистатический подход к совершающимся в микромире процессам.

В самом деле, квантовая механика определяет, например, стационарные состояния атома (в которых атом обладает той или иной энергией) и сами численные значения энергии в этих состояниях. Она дает возможность рассчитывать интенсивности спектральных линий, испускаемых атомом при переходе принадлежащих ему электронов из одного состояния в другое. Точнее говоря, она позволяет вычислить вероятности

перехода электронов из одного состояния в другое, по которым и определяется интенсивность спектральных линий. Это, несомненно, существенное достижение квантовой механики, продвинувшее нас по пути лучшего познания законов микромира. Однако характерно здесь то, что квантовая механика ничего не говорит о том, *как* же совершается *процесс перехода* электронов из одного состояния в другое, каково пространственно-временно́е течение этого процесса. Она его исключает совсем. Отсутствие физической картины процесса перехода из одного стационарного состояния в другое ведет к представлению об этом переходе как о мгновенном, вневременно́м и внепространственном процессе, не имеющем никаких промежуточных стадий, отражающих закономерно необходимую последовательность фаз этого изменения. Таким образом, происходит *абсолютизация*, гипертрофия дискретности, скачка, связанного с изменением состояния микрообъектов, превращение его во внепространственное и вневременно́е явление. Это, конечно, недопустимо.

Квазистатический подход к процессам микромира можно проследить в объяснении квантовой механикой и других групп явлений, например явлений рассеяния одних микрообъектов другими, изучение которых представляет собой одну из важнейших задач теории микропроцессов. Современная квантово механическая теория таких процессов также показывает, что квазистатический подход к явлениям — существеннейшая черта квантовой механики. Рассеяние микрообъектов рассматривается следующим образом. Берется стационарный процесс движения потока частиц, обладающих, например, определенным импульсом; на его пути помещается некоторый «рассеивающий центр», находящийся в том или ином стационарном состоянии с определенной энергией. Ищется, каким будет стационарный поток частиц, разлетающихся после взаимодействия с рассеивающим центром на *большом расстоянии от него*. Таким образом, и в этом случае определяется только *результат* движения, результат перехода от одного стационарного состояния к другому. Здесь также не дается картины последовательного пространственно-временно́го течения процесса, закономерно переводящего систему частиц из одного состояния в другое через все его промежуточные фазы. Интимная физическая сторона самого процесса рассеивания не исследуется и дается только его итог.

То, что квантовая механика не вполне адэкватна внутренней природе происходящих процессов и что в действительности нет никакого «абсолютного скачка» в смысле полного разрыва состояний, между которыми этот скачок происходит, видно уже

из того, что испускаемые атомом спектральные линии не являются строго монохроматическими, а обладают конечной шириной. Конечная ширина спектральных линий свидетельствует о том, что процесс перехода электрона из одного состояния в другое не мгновенный, а имеет конечную длительность.

Нельзя отрицать, что такой способ подхода к явлениям микромира, при котором остается не исследованным пространственно-временно́е течение процессов как между стационарными состояниями, так и в самих стационарных состояниях, а сразу устанавливается его конечный результат, сыграл положительную роль в квантовой механике и помог установить существенные закономерности микромира.

Однако было бы неправильно думать, что исследование этих процессов вообще невозможно и не нужно. Напротив, только познание реальной физической сущности пространственно-временно́го течения микропроцессов позволит понять их строгую внутреннюю необходимость и тем самым откроет новые широкие возможности для дальнейшего движения науки вперед и для ее практического приложения.

«Физические» идеалисты отвергают возможность и необходимость исследования пространственно-временно́го течения индивидуальных микропроцессов, скрывающихся под даваемой квантовой механикой статистической картиной. Для них важно не само материальное движение, а только его конечный результат. Это непосредственно вытекает из их толкования предмета квантовой механики и их понимания задач науки. По мнению «физических» идеалистов, квантовая механика изучает не сам микрообъект и его движение, а определенную группу явлений, происходящих в макроприборе, которую наблюдатель связывает с микрообъектами. Более того, сам микрообъект есть якобы только «логическая цепочка», совокупность математических формул, позволяющая связывать в нашем сознании явления в макроприборе, происходящие в различные моменты времени. Именно поэтому «физические» идеалисты абсолютизируют статистический метод квантовой механики, превращают его в конечную цель познания и принципиально закрывают путь к раскрытию закономерностей движения самих микрообъектов, течения микропроцессов в пространстве и времени. Сама эта задача объявляется ими «наивной», «ненаучной», «несостоятельной» и т. д. Вот, например, как определяет задачи физической теории П. Дирак: «Единственная цель теоретической физики состоит в вычислении результатов, которые могут быть сравнены с опытом, и вовсе нет необходимости в удовлетворительном описании всего хода явления».

Необходимо подчеркнуть, что стремление раскрыть ход явлений, пространственно-временно́е течение микропроцессов отнюдь не означает сведе́ния микропроцессов к такому же механическому перемещению материальных точек, с которым имеет дело макроскопическая механика. Напротив, ввиду сложности закономерностей движения микрообъектов, пространственно-временно́е течение микропроцессов безусловно должно быть совсем иного характера, нежели траекторное движение материальных точек. Каким оно является на самом деле, этого сказать определенно еще нельзя, потому что сама физическая природа микрообъектов, изучаемых квантовой механикой, все еще остается не глубоко изученной.

Неразработанность конкретных представлений о физической природе микрообъектов, их структуре — другая существенная ограниченность квантовой механики.

Известно, что микрообъекты обладают как корпускулярными, так и волновыми свойствами. *Неразрывное единство этих свойств* — их универсальное свойство, присущее им всегда, при всех условиях. Порочная «концепция дополнительности» пыталась уложить внутренне противоречивую природу микрообъектов в прокрустово ложе метафизики, отрицающей внутреннюю противоречивость вещей и явлений природы. Согласно этой концепции, микрообъекты в *одних* условиях обладают *только* корпускулярными свойствами, а в *других* — *только* волновыми. Вздорность таких представлений вскрывается не только теоретически, но и непосредственно экспериментально. Особую роль сыграли в этом смысле работы С. И. Вавилова по исследованию квантовых флуктуаций интенсивности световых лучей весьма малой интенсивности при образовании интерференционной картины[1].

С. И. Вавилов показал, что в таком «типично волновом» явлении, как интерференция, неизбежно выявляется и корпускулярная природа микрообъектов, которая не только не устранима в этом явлении, но даже выступает резко на первый план. Единство и неразрывность этих противоречивых сторон микрообъектов существуют во всех явлениях.

Однако квантовая механика не вскрывает реальной *физической основы* органического единства и взаимопроникновения этих сторон микрообъектов, их структуры. Она при помощи волновой функции в очень абстрактной форме только выражает факт *сосуществования* обеих противоречивых сторон. С этим связано то, что современная физика не в состоянии объяснить

[1] См. С. И. Вавилов. Микроструктура света, 1950.

диффракцию электронов — основу основ квантовой механики, ибо реальной волны, которая *физически взаимодействует* с узлами кристаллической решетки при прохождении электронов через кристалл, квантовая механика до сих пор еще не знает. Вследствие этого подлинная суть происходящих в кристалле процессов остается нераскрытой в должной мере, и квантовая механика судит о том, что должно получиться на экране, фиксирующем диффракционную картину, главным образом по аналогии с другими диффракционными процессами. Открытие связи длины волны волнового процесса, соответствующего движению электрона (или любого другого микрообъекта), с его скоростью и массой было огромным завоеванием физической науки. Но при всем том это был только *первый шаг* на пути раскрытия физической природы микрообъектов.

Пройдя диффракционную решетку, электрон образует узко локализованную вспышку в определенной части экрана. Почему электрон попадает в ту или иную часть экрана, какова необходимость такого эффекта, почему электрон, взаимодействовавший с относительно большим числом узлов решетки по фронту волны, проявляет свое действие на экране только в весьма узко локализованной области экрана? Эти вопросы пока не получают ответа.

Неумение, неспособность отобразить в прямой форме и адэкватно физическую природу микрообъектов, их внутреннюю структуру приводит квантовую механику к неспособности правильно выразить одну из важнейших черт современной атомистики — явление взаимопревращаемости «элементарных» микрообъектов. Стремясь объяснить факт взаимопревращаемости микрочастиц, рождения и исчезновения пар электронов и позитронов, в квантовой механике прибегают к представлению о некоем «ненаблюдаемом фоне» электронов, в котором электроны при соответствующих обстоятельствах скрываются, не переставая, однако, существовать в прежнем виде. Согласно схеме современной квантовой теории излучения, в подходящих условиях эти электроны, существующие как таковые в «ненаблюдаемом фоне», выскакивают из него, как актеры из-за кулис, на арену разыгрывающихся перед нами физических явлений.

Несомненно, это — сугубо метафизическое представление о мире, объекты которого считаются раз навсегда данными и неизменными и только становящимися то видимыми, то невидимыми. Это представление стоит в непримиримом противоречии с подлинной сутью самого явления рождения и исчезновения «элементарных» частиц, их взаимопревращения друг

в друга, отобразить которое оно призвано. Каков же процесс превращения микрообъектов друг в друга?

Чтобы подойти к ответу на такого рода вопросы, как упомянутые выше, нужно глубже проникнуть во внутреннюю физическую природу микрообъектов.

Должна ли будущая теория микропроцессов ответить на эти вопросы? Должна! Физическая наука не может ограничиваться просто констатацией *факта сосуществования* в микрообъекте корпускулярных и волновых свойств; она не может остановиться на фиксации *конечных результатов движения* микрообъектов, обойдя сам процесс движения микрообъектов, *необходимо* подводящий к этому именно результату.

«Физические» идеалисты снимают все подобные вопросы как совершенно «неправомерные», «наивные», отражающие тоску по старой «классической» физике и т. п. Они объявляют статистическое толкование квантовой механики исчерпывающим всю суть происходящих в микромире процессов. Они ставят преграду на пути познания физической природы микромира. К сожалению, подобного рода взгляды есть и у части советских физиков. Косвенно это проявляется в том, что такого рода проблемы совершенно обходятся при изложении и разработке проблем современной теории микропроцессов. Такие взгляды должны быть преодолены и отброшены. Важнейшей задачей теории микрообъектов должна стать разработка конкретных представлений о физической природе микрообъектов, об их структуре и о характере пространственно-временного течения процессов в микромире.

* * *

В чем причины такого состояния современной физической теории, при котором непосредственное исследование физической природы микрообъектов, их внутренней структуры, изучение характера и сущности процессов, происходящих в быстро движущихся телах, не стали в центре внимания физиков, были отодвинуты на задний план или вовсе сняты?

Можно было бы думать, что это объясняется просто недостатком экспериментальных данных. Но такое объяснение было бы далеко не полным, односторонним. Дело не в простом «недостатке» экспериментальных данных. Эти данные с годами растут и множатся. Их было совсем мало в те времена, когда квантовая механика возникла; теперь перед физиками богатейший материал, требующий лишь критического анализа. Он так велик, что в сущности давно уже стал выходить за рамки

самой квантовой механики и уже мог бы послужить базой для дальнейшего развития теории. Дело в том, что имеющийся фактический материал глубоко не рассматривался с точки зрения разрешения таких задач. И если этого не случилось, то причиной было то, что распространенные среди руководящих буржуазных физиков, таких, как Н. Бор, В. Гейзенберг, Э. Шредингер, А. Эйнштейн, идеалистические и агностические взгляды, их подход к оценке коренных задач физической теории не только не подводили к разрешению этих задач, но прямо *препятствовали* их постановке. Вместе с тем и советские физики, увлеченные в первую очередь разработкой следствий из существующих физических теорий, существенных в теоретическом и практическом отношениях, не поставили указанные задачи как весьма важные и актуальные, не подняли вопроса об устранении серьезных недостатков существующих физических теорий. К тому же некоторые из советских физиков-теоретиков, некритически восприняв воззрения зарубежных физиков, стали на точку зрения последних в оценке этих задач, сознательно отбросив их.

В силу сказанного мысль физиков-экспериментаторов и не подводилась к сознанию необходимости планомерного накопления и получения такого опытного материала, который углублял бы представления о физической сущности исследуемых объектов, их внутренней структуре, процессах, происходящих в них.

Таким образом, философские воззрения руководящих буржуазных физиков *дезориентировали* экспериментаторов и отвлекали теоретиков от важнейших проблем принципиального характера, сознательно ограничивали глубину и содержание физической теории. Что это действительно так, мы убедимся, приняв во внимание самую суть общетеоретических взглядов руководящих буржуазных физиков, их подход к пониманию задач и методов физической теории.

Нельзя взять ни одной книги по современной теоретической физике зарубежных авторов (и, к сожалению, еще многих наших советских ученых), чтобы не найти там многократно повторяющихся выражений: «описание мира», «описание движения», «описание квантовой системы», «описание микрообъекта» и т. д. Эта терминология, этот способ выражения совершенно не случаен. В нем находит выражение определенная философская точка зрения, развиваемая с большей или меньшей последовательностью руководящими буржуазными физиками, в вопросах физической теории. Эта терминология оказалась «заразительной» и распространенной среди буржуазных физиков

именно потому, что она стоит в соответствии с реакционным идеалистическим мировоззрением, господствующим в империалистических государствах, выражает его гнилостную суть. Она появилась в нашей советской литературе как один из результатов неизжитого еще некритического отношения к воззрениям буржуазных ученых, к буржуазной идеологии, обволакивающей науку в капиталистических странах.

Метод «чистого описания» рядится «физическими» идеалистами в тогу высшей научности. Он выдается за выражение самых «реалистических тенденций» в науке, поскольку основой науки объявляется «опыт». Но в действительности это «чистое описание» служит исходной точкой самых безудержных идеалистических спекуляций, наносящих науке огромный вред.

В. И. Ленин указывал, что за словом «опыт» может скрываться и идеалистическая линия в философии. С предельной ясностью он показал, что весь махизм основан на извращении реального содержания понятия «опыт».

Современные «физические» идеалисты — прямые преемники этого махистского метода «чистого»... извращения опыта!

Чего требует метод «чистого описания» Н. Бора, А. Эйнштейна, В. Гейзенберга, А. Эддингтона и других?— Ограничиваться только рамками «опыта», констатацией только того, что дано в «опыте», исключать из теории все, что выходит за пределы «опыта», что не является «наблюдаемым». Но что же дано нам в опыте? — Объективная реальность, существующая вне и независимо от сознания, отвечает физик-материалист. Содержание нашего сознания и только оно, отвечает «физический» идеалист, отвечают А. Эйнштейн, Н. Бор, В. Гейзенберг и др. Это мы и иллюстрировали выше высказываниями Эйнштейна и Эддингтона: опыт для них — субъективное содержание переживаний наблюдателя, не более.

Все остальное они объявляют выходящим за пределы непосредственно данного в «опыте». Поэтому «физические» идеалисты отказываются от поисков *реальной основы* физических явлений, от проникновения в их объективную сущность, сознательно ограничивая теорию описанием явлений, признанием их простого функционального сосуществования и сопутствования друг другу. Реальные успехи современной физики в познании законов движения с большими скоростями и движения микрообъектов основаны на том, что она нащупала и отражает некоторые черты сущности процессов, совершающихся при больших скоростях, сравнимых со скоростью света, и в условиях дискретности действия. Недостаток и ограниченность современных физических воззрений состоят в том,

что они еще не глубоко проникли в сущность явлений, не вскрывают тесной органической связи найденных особенностей физических процессов со структурой материи, не рисуют физической природы микрообъектов, их внутренней структуры. Но то, что является недостатком физических воззрений, их ограниченностью, «физические» идеалисты пытаются выдать за их главное достоинство: они объявляют современные физические воззрения реализацией своей программы «чистого описания» и запрещают искать *объяснения* физических явлений.

«Описание» противопоставляется «физическими» идеалистами реальному, объективному *объяснению* физических явлений с тем, чтобы отбросить объяснение. В квантовой механике этот запрет, налагаемый на поиски сущности физических явлений, на разработку их объяснения, наглядно выражается в упоминавшемся нами идеалистическом истолковании предмета квантовой механики, которым якобы должны быть не объекты микромира, а процессы в *макроприборе.* К сожалению, некоторые советские физики пошли на поводу у теоретиков «физического» идеализма и стали в этом вопросе на их точку зрения.

Отказ от отыскания внутренней взаимосвязи и взаимообусловленности явлений, от постижения скрытой в глубине явлений сущности вещей, от понимания и объяснения процессов природы порожден идеалистическим подходом к задачам науки. Но он сам в свою очередь ведет к представлению об объекте физической науки как о чем-то, что является всего лишь «темой описания», вопрос о реальном существовании которого якобы не должен обсуждаться в науке. Так именно рисует предмет физики, например, Эддингтон в своей «нашумевшей» за границей книге «Философия физической науки». Он указывает, что предмет физической науки — это «физическая Вселенная». В свою очередь физическая Вселенная определяется им как «тема особой области знания, точно так же как мистер Пиквик мог бы быть определен как герой особого романа». Теоретико-познавательная направленность такого, с позволения сказать, «определения» предмета физики устанавливается с полнейшей ясностью из комментария, который дает сам же Эддингтон к этому своему «определению». Эддингтон всячески расхваливает это свое определение физической Вселенной именно за то, что оно, по его мнению, «не предрешает вопроса, существует ли реально физическая Вселенная (или мистер Пиквик)», и вообще не зависит от того, сможем ли мы «договориться», что значит «реально существует». Эддингтон делает вид, что он «нейтрален» в борьбе материализма с идеализмом, что он «выше» обоих

этих направлений и как бы хочет вывести науку за пределы того и другого философского направления. Но этого «нейтралитета» ему хватает совсем ненадолго. Уже на следующей странице он зло обрушивается на людей, не оглупленных идеалистической философией и убежденных в объективном существовании внешнего мира. Он стремится запугать их обвинением в «непонимании» того, в чем они совершенно справедливо убеждены; обзывает признание реального существования внешнего мира «метафизикой», чисто «попугайской фразой», которую все твердят, но над смыслом которой якобы большинство не дает себе труда подумать. Подразумевая под «метафизикой» материализм, Эддингтон категорически требует очищения основ физической науки от «метафизики» и утверждает: «Определяя физическую Вселенную и физические объекты, которые ее составляют, как тему определенной области знания, а не как вещи, обладающей свойством существования, не поддающимся определению, мы освобождаем основы физики от подозрений в метафизическом загрязнении».

Так ведет борьбу с главным противником — материализмом — признанием объективной реальности мира Эддингтон, стремящийся завершить свою попытку *обессмысливания физической науки* путем отбрасывания объективно существующего предмета описания и сохранения «чистого описания» самого по себе. Это и есть идеализм, суть которого метко выразил В. И. Ленин словами: «„Материя исчезает", остаются одни уравнения»[1]. Дорогу к нему прокладывает, в частности, метод «чистого описания»; здесь его и закрепляет классовый интерес господствующих реакционных классов современного капиталистического общества.

Этот путь к идеализму проделывает вовсе не один только Эддингтон. Если бы это было так, то ему не стоило бы уделять внимания. Этот путь к откровенному идеализму проделывают многие буржуазные физики — Бор, Гейзенберг, Эйнштейн, Дирак, Франк и другие апологеты и пропагандисты растленной буржуазной идеологии в физической науке.

На основе «описания» они провозглашают отказ от проникновения в сущность вещей и тем самым отказ от понимания природных процессов. «С умножением знаний и познаний притязания естествоиспытателей на „понимание мира" становятся некоторым образом все меньшими и меньшими»,— писал В. Гейзенберг в статье «К истории физического объяснения природы».

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 294.

О том, насколько метод «описания» стал универсальным и в своем роде программным для буржуазных физиков, насколько они стремятся уйти от раскрытия физической сущности явлений, можно судить и по их конкретным попыткам решить новейшие проблемы, встающие перед современной физической наукой. Так, Гейзенберг, исследуя проблему бесконечной собственной энергии «элементарных» частиц, пытался все дело свести к тому, чтобы попросту исключить из рассмотрения все те стадии процесса взаимодействия частиц, когда эта проблема становится существенной. В соответствии с этим решающей задачей Гейзенберг считает конструирование такого математического аппарата, который позволил бы устанавливать лишь внешнюю связь между конечными стадиями всего процесса, отбрасывая пространственно-временну́ю связь событий в промежуточных стадиях, необходимым образом ведущую к исследуемым на опыте конечным результатам. Характерно, что при этом Гейзенберг снова ссылается на так называемое «начало принципиальной наблюдаемости», согласно которому из теории должны быть заранее исключены непосредственно «ненаблюдаемые» на опыте физические величины. Известно, что эти попытки потерпели провал.

* * *

Товарищ Сталин поставил перед всей советской наукой задачу «не только догнать, но и превзойти в ближайшее время достижения науки за пределами нашей страны»[1]. Окруженные заботой и поддержкой нашей партии и правительства, всего советского народа, советские ученые успешно идут по пути решения этой задачи. Великие идеи марксистско-ленинской философии раскрывают нашей науке ничем не ограниченные, бескрайные перспективы развития, расчищают дорогу от всех антинаучных измышлений дипломированных лакеев буржуазии, тормозящих поступательное движение науки. Товарищ Сталин, партия призывают советских ученых к смелому дерзанию и новаторству. В ряде важнейших областей естествознания советские ученые неоспоримо заняли первое место и направляют движение передовой науки вперед.

Вместе с другими советскими учеными наши физики борются за развитие самой передовой в мире советской науки. Чтобы выполнить в полном объеме в своей области задачу, поставлен-

---

[1] И. В. Сталин. Речи на предвыборных собраниях избирателей Сталинского избирательного округа г. Москвы, 1950, стр. 22.

ную И. В. Сталиным, советские физики должны критически пересмотреть все идеологические исходные позиции зарубежной физики. Необходимо свести счеты с методом «чистого описания», наложившим ограничения на существующие физические воззрения, сторонники которого есть и среди советских физиков. Надо нанести сокрушительный удар по «физическому» идеализму, пытающемуся подчинить себе физическую теорию, замкнув ее в удушающих границах «чистого описания», т. е. описания без того, что описывается, без объекта. Надо разорвать стесняющие развитие физической науки рамки математического формализма, отказывающегося от проникновения в сущность вещей.

Надо вспомнить замечательные слова Ф. Энгельса: «Формой развития естествознания, поскольку оно мыслит, является *гипотеза*»[1], *и открыть дорогу смелой физической гипотезе о сущности процессов, связанных с весьма быстрыми движениями, о физической природе микрообъектов, об их структуре.*

Весьма знаменательно подчеркивающее замечание Энгельса: «поскольку оно (т. е. естествознание.— *И. К.*) мыслит». Этим замечанием Энгельс указывает, что подлинное теоретическое мышление в науке неизбежно связано с гипотезой, что гипотеза в естествознании служит выражением глубокого теоретического мышления. Энгельс прямо связывает гипотезу с задачей *объяснения* явлений и видит в последовательном очищении гипотез при помощи вновь и вновь получаемого опытного материала прямой путь к установлению закона, по выражению Энгельса, «в чистом виде».

В противоположность тенденциям буржуазных ученых, провозглашающих отказ от понимания мира, советские физики ставят своей целью все лучшее и лучшее *понимание* материальной действительности с целью овладения ею в интересах народа. В этом — одно из проявлений коренной противоположности советской и буржуазной идеологии.

Непримиримая противоположность буржуазного и советского мировоззрения требует от нас не ограничиваться только критикой отдельных реакционных выводов буржуазных ученых, таких, как «учение» об индетерминизме в микромире, «учение» об аннигиляции материи, «деградации энергии» и т. п., но ставит перед нашими учеными во весь рост центральную задачу: *всемерно развивать свою советскую школу теоретической физики*, последовательное диалектико-материалисти-

---

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1950, стр. 191.

ческое учение о закономерностях движения с большими скоростями и о закономерностях движения микрообъектов.

Все необходимые данные для этого у советских физиков есть. Ясное понимание великого творческого значения принципов диалектического материализма для естествознания, подчеркнутого дискуссиями по вопросам биологии, физиологии, клеточного учения, космогонии, продемонстрированного всей историей развития советского естествознания, воодушевляет советских физиков и всех прогрессивных ученых за рубежом на новый подъем в разработке актуальных проблем физической науки.

Нет сомнения, что советские физики, вооруженные идеями марксистско-ленинской философии, успешно решат назревшие вопросы теории движения с большими скоростями, вопросы теории движения микрообъектов. Надо *смелее экспериментировать, смелее разрабатывать принципиальные* теоретические проблемы физической науки.

Х. М. ФАТАЛИЕВ

К ОЦЕНКЕ Ф. ЭНГЕЛЬСОМ ФИЗИКИ XIX ВЕКА

Маркс и Энгельс при разработке своего революционного мировоззрения обобщили и критически переработали всю сумму знаний, накопленных наукой, опираясь на прочный фундамент этих знаний.

О проделанной Марксом и Энгельсом громадной работе в области теоретического естествознания можно судить хотя бы по таким произведениям, как «Анти-Дюринг», «Диалектика природы» Ф. Энгельса, «Математические рукописи» Маркса. Во всех этих и в других бессмертных произведениях Маркса и Энгельса мы находим глубочайший анализ важнейших вопросов теоретического естествознания.

Создание диалектического материализма явилось величайшим революционным переворотом в истории философии. Этот революционный переворот стал возможен лишь в результате глубокого анализа и обобщения всех знаний, накопленных наукой и практикой. Товарищ Сталин, характеризуя возникновение марксизма, подчеркивал, что «диалектический материализм является продуктом развития наук, в том числе философии, за предыдущий период»[1].

С созданием диалектического материализма естествознание получило подлинно научную методологическую и теоретическую основу, в корне отличную от всех философских систем, которыми руководствовались естествоиспытатели прежде. К середине XIX в. наука о природе располагала такими данными, которые по своему объективному содержанию послужили одной из подготовительных ступеней к диалектико-материалистическому пониманию природы и сделали возможным преодоление метафизических и идеалистических предрассудков естественно-научного мировоззрения. Стихийно развившиеся в естествознании элементы диалектики достигли в этот период такого уровня, который сделал возможным преодоление

[1] И. Сталин. Марксизм и вопросы языкознания, 1950, стр. 34.

механической ограниченности науки и философии XVIII в. и создание научной материалистической диалектики Маркса и Энгельса.

В нашей литературе нередко встречаются утверждения, что наука о природе в XIX в., в частности физика XIX в., является полностью и во всех отношениях механистической. Настоящая статья содержит разбор несостоятельности этих взглядов.

* * *

Прежде всего остановимся на вопросе об исторических корнях механицизма в физике.

Маркс и Энгельс вскрыли движущие силы развития естественных наук и основали историю естествознания как науку. Они показали, что ключ к изучению истории естествознания надо искать не в «свободном творчестве» отдельных ученых, а в развитии производства. Ф. Энгельс писал: «До сих пор выставляют хвастливо напоказ только то, чем производство обязано науке; но наука обязана производству бесконечно бо́льшим»[1].

Заложив фундамент истории естествознания как науки, основоположники научного коммунизма дали непревзойденный по своей глубине научный анализ отдельных этапов развития естествознания вплоть до современного им состояния науки.

Анализируя особенности первого периода в развитии естествознания, начавшегося после того, как Европа пробудилась от средневековой спячки, Маркс и Энгельс показали историческую обусловленность возникших в этот период метафизических воззрений на природу.

Явления природы выступают перед нами всегда в их всеобщей связи и взаимозависимости. Для правильного изучения общей картины природы естествоиспытатели прибегают к ее расчленению, исследуют свойства отдельных явлений и предметов, причины, их вызывающие, и следствия, к которым они приводят. Но такое исследование природы возможно только на известной ступени развития науки, когда собран естественнонаучный фактический материал, необходимый для разделения различных явлений и предметов природы на определенные классы, порядки и виды.

У греков классических времен, как указывает Ф. Энгельс, не было точного исследования природы. Древние греки,

---

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы. Госполитиздат, 1950, стр. 146.

основываясь на результатах непосредственного созерцания, рассматривали природу как нерасчлененное целое, где на первый план выступает взаимосвязь явлений и предметов природы, постоянное движение и изменение, возникновение и исчезновение.

Начавшееся со второй половины XV в. точное исследование природы, систематизация и классификация собранного естественно-научного материала требовали расчленения общей картины на отдельные ее стороны для их более глубокого и всестороннего изучения. Этот способ исследования природы и природных явлений, вне их общей связи, привел к выработке метафизических воззрений на природу. Существо этих воззрений сводилось к учению об абсолютной неизменности природы. Предметы и явления природы рассматривались как существующие вечно, неизменно, обособленно друг от друга.

В физике эти метафизические воззрения на природу нашли свое выражение, в частности, в программе и методологических установках механицизма.

Широкое распространение механицизма в физике было вызвано тем обстоятельством, что в первый период развития естествознания, начавшийся со второй половины XV в., преимущественное развитие получила механика земных и небесных тел, принесшая ряд выдающихся открытий (законы механики Галилея и Ньютона, законы движения планет Кеплера, исследования Декарта в области аналитической геометрии и т. д.).

Преимущественное развитие земной и небесной механики и связанной с ней математики было обусловлено практическими задачами, выдвинутыми развитием производительных сил в эпоху разложения феодализма и рождения капиталистического строя (развитие военной промышленности, гидротехники, мореплавания, путей сообщения, т. е. таких отраслей техники, которые нуждались в применении именно достижений механики, математики и астрономии).

Механицизм как научное мировоззрение имеет длинную историю. Но философское оформление механицизма, создание целостной картины научного мировоззрения, основанного на началах механики, относится к XVII в. Общие воззрения на природу, основанные на принципах механики, и программа механического материализма были сформулированы Декартом. Согласно этим общим воззрениям, все явления природы должны быть объяснены путем сведéния их к движению и расположению неких элементарных частиц, на основе законов механики тел. Излагая программу механического материализма, Декарт

писал, что в физике не нужны и недопустимы другие принципы, кроме тех, которые лежат в основе механики.

Методологические установки механического материализма, обусловленные историческими условиями развития науки своего времени и ее уровнем, оказали немалое влияние на развитие физики XVII—XVIII вв.

Воззрения, основанные на механическом понимании природы, получили в этот период свое наиболее стройное применение в работах Ньютона, завершивших фундамент макроскопической механики. Вместе с тем в работах Ньютона получило наиболее завершенную форму и стремление создать единую физическую картину мира на основе этой механики. Ньютон писал в своих «Началах», что было бы желательно вывести из начал механики и остальные явления природы.

Дальнейшее расширение и углубление физической картины мира, основанной на механических воззрениях, мы находим в космогонии Канта и небесной механике Лапласа. Если Ньютон своим законом всемирного тяготения распространил механику на всю Вселенную, то Кант на основе механики Ньютона предложил картину исторического возникновения и развития небесных тел. В этом отношении характерно, что свое сочинение «Всеобщая естественная история и теория неба» Кант назвал «опытом изложения устройства и механического происхождения вселенной по принципам Ньютона».

По мере развития и завершения фундамента механики видоизменялись, развивались и методологические установки и программа механицизма.

Механистические воззрения на природу в своем развитии до начала XIX в. прошли ряд этапов, и физическое учение, основанное на механистическом понимании природы, имело различные направления и ветви, нередко боровшиеся между собою. Но основы механистического мировоззрения остались одни и те же: все явления природы пытались вывести, исходя из начал механики, на основе представлений о механическом движении. Различные направления и ветви механицизма развивались в рамках одних и тех же общих воззрений как видоизменения последних.

Отсюда, однако, не следует, что указанный период был периодом исключительного господства метафизики в естественнонаучном мировоззрении. Хотя в этот период даже передовые для своего времени естественно-научные теории и страдали метафизической, механической ограниченностью, вместе с тем стихийно развивались и элементы диалектики в естественнонаучном мировоззрении передовых ученых.

Как показал Энгельс, механистические воззрения на природу были исторически неизбежны и обусловлены тем, что в начавшемся со второй половины XV в. первом периоде развития естествознания первое место заняла механика земных и небесных тел, в соответствии с особенностями развития производства в этот период. Если в конце этого периода механика в работах Ньютона получила известное завершение, то остальные отрасли физики, если не считать оптики, не вышли за пределы самых начальных ступеней развития.

В XVII—XVIII вв., когда другие отрасли естествознания были еще, по выражению Энгельса, в пеленках, универсализация механистических воззрений, стремление вывести все явления природы из начал механики были неизбежны. В XIX в., когда другие отрасли физики стали на путь бурного развития, накопленные наукой факты и известные явления уже пришли в явное противоречие с укоренившимися у естествоиспытателей механистическими, метафизическими воззрениями на природу. Назрела необходимость коренного пересмотра методологии естествознания.

При этом большой интерес приобретает следующий вопрос: в связи с какими научными физическими открытиями возникла необходимость коренной перестройки методологии естествознания?

В работах ряда наших авторов на этот вопрос дается неправильный ответ.

Л. И. Сторчак в своей статье «Кризис механицизма в физике» утверждает, что крушение механицизма наступило фактически на стыке XIX—XX вв. «вследствие напора новых фактов в физике»[1]. То же самое, по существу, мы находим и в книге М. Э. Омельяновского «Ленин и физика XX века». Автор пишет, что «классическая физика является по преимуществу механической физикой»[2]. Что же касается фактов, которые «явились краеугольными камнями новой, неклассической (немеханической. — *Х. Ф.*) физики», то автор уверяет, что они были установлены в конце XIX и начале XX вв.[3].

Какие же это факты, которые вызвали крушение механицизма в физике и послужили краеугольными камнями нового мировоззрения — диалектического материализма в физике? Л. И. Сторчак на этот вопрос дает следующий ответ: «Механицизм всегда ставил вопрос: или прерывное или непрерывное.

---

[1] «Природа», 1947, № 8, стр. 18.

[2] М. Э. Омельяновский. Ленин и физика XX века. Госполитиздат, 1947, стр. 20.

[3] Там же, стр. 23.

Весь физический мир в целом (или какая-нибудь его область) может быть или прерывным или непрерывным. В результате же новых открытий было твердо установлено, что на самом деле в природе имеет место не разрыв, а синтез прерывного и непрерывного. Таким образом, факты прямо заговорили против механицизма. И тогда-то наступило его крушение». И далее: «...новые открытия говорили о том..., что в физику, на смену механицизму, приходит новое мировоззрение — диалектико-материалистическое»[1].

Если верить всем этим высказываниям (а эти высказывания в нашей литературе не единичны), то получается, что решающую роль в крушении механицизма как научного мировоззрения и выявлении диалектического характера явлений природы сыграло установление «синтеза прерывного и непрерывного». Это означало бы, что на смену механицизму в физику пришло мировоззрение диалектического материализма лишь в результате развития квантовой теории света и волновой механики (Планк, Эйнштейн, де-Бройль, Шредингер и др.).

Если согласиться с утверждением, что «краеугольными камнями новой, неклассической (т. е. немеханической) физики» послужили лишь открытия конца XIX—начала XX в., то это означало бы, что в эпоху Маркса и Энгельса ходом развития физики не была подготовлена почва для диалектико-материалистического понимания явлений природы.

В действительности же дело обстоит иначе, и указанные выше выводы представляют собой плод грубого извращения истории физики.

Огромную роль в деле подготовки крушения механицизма сыграл прежде всего М. В. Ломоносов. Его открытия пробили весьма серьезную брешь в метафизических, механистических воззрениях на природу. Здесь прежде всего следует указать на всеобщий закон сохранения материи и движения, сформулированный Ломоносовым. В этом законе Ломоносов дал естественно-научное обоснование положения о вечности и неуничтожаемости материи и движения и вплотную подошел к учению о неразрывности материи и движения.

Наряду с решительным выступлением против идеалистических воззрений на природу, мы находим у Ломоносова серьезные попытки преодоления метафизической, механической ограниченности естественно-научной мысли его времени и в других вопросах. Ломоносов решительно выступил против концепции «невесомых», служившей одним из главных опорных пунктов метафизики в

[1] «Природа», 1947, № 8, стр. 21.

естествознании, и заложил основы кинетической теории теплоты и молекулярно-кинетической теории газов.

Во времена Ломоносова и отчасти позднее, вплоть до конца XX в., существовало мнение, что законы механики макроскопических тел можно перенести в область микромира, т. е. все физико-химические явления можно втиснуть в рамки законов обычной механики. Ломоносов указал на специфичность процессов микромира. Он писал, что к мельчайшим частицам «не везде можно приложить законы чувствительных тел»[1].

Чтобы судить о том, как далеко отошел Ломоносов от господствовавшего в то время метафизического мировоззрения, можно привести следующую его мысль, во многом предвосхитившую великие естественно-научные открытия XVIII и начала XIX вв.: «Твердо помнить должно,— писал Ломоносов,— что видимые телесные на земли вещи и весь мир не в таком состоянии были с начала от создания, как ныне находим, но великие происходили в нем перемены, что показывает история и древняя география, с нынешнею снесенная, и случающиеся в наши веки перемены земной поверхности. Когда и главные величайшие тела мира, планеты, и самые неподвижные звезды изменяются, теряются в небе, показываются вновь, то в рассуждении оных малого нашего шара земного малейшие частицы, то-есть горы (ужасные в глазах наших громады), могут ли от перемен быть свободны? Итак, напрасно многие думают, что все ... сначала творцом создано; будто не токмо горы, долы и воды, но и разные роды минералов произошли вместе со всем светом; и потому-де ненадобно исследовать причин, для чего они внутренними свойствами и положением мест разнятся. Таковые рассуждения весьма вредны приращению всех наук, следовательно, и натуральному знанию шара земного, а особливо искусству рудного дела, хотя оным умникам и легко быть философами, выучась наизусть три слова: *бог так сотворил*, и сие дая в ответ вместо всех причин»[2].

Итак, в своем стихийном стремлении преодолеть метафизическую ограниченность естественно-научной мысли своей эпохи, Ломоносов выдвинул идею развития природы и на этой основе пытался объяснить геологические явления.

Следующий удар по метафизическим, механистическим воззрениям нанесла космогония Канта и Лапласа, хотя

---

[1] Б. Н. Меншуткин. Труды М. В. Ломоносова по физике и химии, 1936, стр. 195.

[2] М. В. Ломоносов. Избранные философские произведения. 1950, стр. 396—397.

мировоззрение самих ученых стояло очень далеко от объективного содержания их открытий.

Кант и Лаплас, как мы уже говорили, предприняли попытку дать объяснение происхождения и устройства вселенной на основе механики Ньютона. Но их открытия своим объективным содержанием указывали на вечный круговорот движущейся материи и тем самым пробили брешь в метафизике и механицизме.

Многочисленные научно-экспериментальные исследования, предпринятые в связи с технической практикой, привели в 40-х годах XIX в. к распаду метафизической концепции «невесомых» и созданию учения о сохранении и превращении энергии, основы которого были заложены М. В. Ломоносовым.

Эти открытия выдвинули на первый план объективную диалектику физических явлений, сыграли в области физики решающую роль в формировании нового научного мировоззрения. Тем временем развитие электричества, магнетизма и других областей физики, как указывает Ф. Энгельс, также доставило новый материал.

Буржуазные ученые того времени оказались не в состоянии обобщить эти великие достижения физики и сделать из них подлинно научные философские выводы. Выполнение этой исторической задачи выпало на долю Маркса и Энгельса. Маркс и Энгельс показали, что смысл этих естественно-научных открытий состоит в том, что на первый план выступает взаимодействие превращающихся друг в друга физических форм движения материи. Материя дифференцирует свое движение не только в форме механического движения, но и в форме теплоты, электричества, магнетизма, света и т. д.

Энгельс указывает, что неуничтожаемость движения, обоснованную законом сохранения и превращения энергии, надо понимать не только в количественном, но и в качественном отношении. Это значит, что теплота, электричество, световые явления и другие формы движения не сводимы к механическому перемещению. Самодвижение материи в действительности развертывается в качественно различные формы. «У естествоиспытателей движение всегда отождествляется,— писал Энгельс,— с механическим движением, перемещением, и это отождествление считается чем-то само собою разумеющимся... Движение, в применении к материи,— это *изменение вообще.* Из подобного же недоразумения вытекает и яростное стремление свести все к механическому движению,— уже Гров „сильно склонен думать, что прочие состояния материи являются модификациями движения и в конце концов будут сведе-

ны к ним" ..., чем смазывается специфический характер прочих форм движения. Этим отнюдь не утверждается, будто каждая из высших форм движения не бывает всегда необходимым образом связана с каким-нибудь действительным механическим (внешним или молекулярным) движением, подобно тому как высшие формы движения производят одновременно и другие формы движения и подобно тому как химическое действие невозможно без изменения температуры и электрического состояния, а органическая жизнь невозможна без механического, молекулярного, химического, термического, электрического и т. д. изменения. Но наличие этих побочных форм не исчерпывает существа главной формы в каждом рассматриваемом случае»[1].

Энгельс дал критику механистических воззрений на природу и по другим линиям, вскрыв их ограниченность. Он показал несостоятельность попыток построения единой, всеобъемлющей картины физических явлений, исходя из принципов механики. В «Анти-Дюринге», «Диалектике природы» и в других произведениях Ф. Энгельс на основе анализа огромного естественно-научного фактического материала с исчерпывающей полнотой доказал, что единственно верной методологической и теоретической основой физики служит диалектический материализм.

Таким образом, создание диалектического материализма означало полный крах метафизики и механицизма. С созданием диалектического материализма физика, как и все естествознание, получила цельную, единственно верную, методологическую и теоретическую основу, соответствующую ее подлинному содержанию.

* * *

Как видно из изложенного, результаты, достигнутые физикой в 40-х годах XIX в., показали полную несостоятельность механистических воззрений на природу. Объективное содержание физики, как и всего естествознания, достигло к середине XIX в. такого уровня, который со всей очевидностью превосходил механическую ограниченность естественно-научного мировоззрения того времени и выявил диалектический характер явлений природы. Говоря о плоско материалистическом вульгаризаторстве, получившем распространение в 50-х годах, Энгельс указывал,

---

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1950, стр. 197.

что «около этого самого времени эмпирическое естествознание достигло такого подъема и добилось столь блестящих результатов, что не только стало возможным полное преодоление механической односторонности XVIII столетия, но и само естествознание благодаря выявлению существующих в самой природе связей между различными областями исследования (механикой, физикой, химией, биологией и т. д.) превратилось из эмпирической науки в теоретическую, становясь при обобщении полученных результатов системой материалистического познания природы»[1]. Эта оценка, данная Энгельсом уровню естествознания в целом, в полной мере относится и к физике середины и второй половины XIX в. Ф. Энгельс показал, что развитие физики, как и всего естествознания, дает чрезвычайно богатый и с каждым днем увеличивающийся материал, говорящий о том, что в природе в конце концов все совершается диалектически, а не метафизически.

Данная Энгельсом оценка уровня естествознания середины XIX в. является оценкой *объективного содержания* достижений науки о природе. Но известно, что естествознание как наука всегда развивается под сильным влиянием мировоззрения господствующих классов. Это мировоззрение сращивается с методологией и теорией естествознания. Энгельс, справедливо оценивая достигнутый естествознанием фактический уровень, подчеркивая диалектико-материалистический характер накопленных естествознанием фактов, в то же время указывает на *противоречие* между достигнутыми естествознанием фактическими результатами и метафизическими воззрениями ученых. Энгельс прямо говорит о конфликте между достигнутыми естествознанием результатами и укоренившимся способом мышления, что создает безграничную путаницу в теоретическом естествознании. «Нельзя теперь взять в руки почти ни одной теоретической книги по естествознанию,— говорит Энгельс,— не получив из чтения ее такого впечатления, что сами естествоиспытатели чувствуют, как сильно над ними господствует этот разброд и эта путаница, и что имеющая ныне хождение, с позволения сказать, философия не дает абсолютно никакого выхода. И здесь действительно нет никакого другого выхода, никакой другой возможности добиться ясности, кроме возврата в той или иной форме от метафизического мышления к диалектическому»[2].

Вскрыв диалектико-материалистический характер объективного содержания достижений физики, Энгельс вместе с тем

---

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1950, стр. 154—155.
[2] Ф. Энгельс. Анти-Дюринг, стр. 313.

беспощадно критиковал механическую ограниченность воззрений физиков XIX в. Он вскрыл односторонность философской системы Дальтона, который, оперируя обрывками греческой атомистики, сводил материю к неизменным и вечным атомам. Ф. Энгельс вскрыл механическую ограниченность трактовки закона сохранения и превращения энергии, которую дали ему такие ученые, как Гельмгольц, принимавший деятельное участие в обосновании этого закона. Гельмгольц рассматривал его как количественный закон. Энгельс вскрыл полное содержание этого закона, указав, что его суть заключается в качественном *превращении* форм движения материи, причем «определенному количеству движения одной формы всегда соответствует точно определенное количество движения другой формы...»[1].

Таким образом, Энгельс, с одной стороны, вскрыл, что объективное содержание физики середины XIX в. достигло такого уровня, когда стало возможным преодоление механической ограниченности XVIII в., с другой — показал, что сами естествоиспытатели в этот период еще не вышли за пределы метафизического мышления механистических воззрений на природу. Если естествоиспытатели в течение многих лет делают опыты и наблюдения, говорит Ф. Энгельс, с очевидной ясностью показывающие диалектический характер явлений природы, не зная того, что они делают, то «...им придется искать утешения вместе с мольеровским господином Журдэном, который тоже всю свою жизнь говорил прозой, совершенно не подозревая этого»[2]. Следовательно, дело не в том, что физика середины XIX в. сама по себе, по своему содержанию была механической, а в том, что физики в целом не поднялись до ясного понимания сущности открытий, составляющих фундамент физики XIX в., шли к научной диалектике стихийно, ощупью. Объясняется это тем, что буржуазный строй и его реакционная идеология препятствовали сознательному усвоению естествоиспытателями созданного Марксом и Энгельсом нового мировоззрения — диалектического материализма. В результате этого и создалось противоречие между уровнем, достигнутым физикой в 40-х годах и дальше, во второй половине XIX в., и господствующим метафизическим, механистическим мировоззрением ученых.

Известно, что противоречие между объективным содержанием достижений физики и господствующим среди физиков мировоззрением еще больше углубилось в конце XIX — начале

---

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1950, стр. 52.
[2] Там же, стр. 43.

XX в. и все более углубляется в капиталистических странах и в настоящее время. Однако было бы совершенно неверно на этом основании объявлять современную физику в смысле объективного содержания, преимущественно идеалистической или механистической. Проверенные опытом научные данные, составляющие фундамент физики, сами по себе не могут быть ни идеалистическими, ни механистическими.

Когда мы говорим, что результаты, достигнутые физикой середины XIX в., возвышались над механической ограниченностью XVIII в., то следует иметь в виду, что при этом речь идет не только об опытных данных и наблюдениях, накопившихся в этот период, но и о ряде теоретических обобщений, данных передовыми учеными.

Периодический закон химических элементов, открытый Д. И. Менделеевым, служит примером таких теоретических обобщений, которые возвышались над механической ограниченностью господствующего среди ученых мировоззрения.

Над механической ограниченностью XVIII в. значительно возвышалась и электродинамика Максвелла, которая вскрыла взаимосвязь и взаимообусловленность электрических, магнитных и оптических явлений, объединила эти обширные области физики. Выяснилось, что уравнения Максвелла, лежащие в основе новой теории электродинамических процессов, не объяснимы на основе представлений механики и не сводимы к ней.

Наиболее передовые ученые — физики второй половины XIX в.— хотя и не поднялись в своих теоретических обобщениях и общих воззрениях на природу до сознательного усвоения передового научного мировоззрения, созданного Марксом и Энгельсом, тем не менее приходили к выводу о несостоятельности прежних попыток универсализации механических воззрений, к выводу о несводимости физических явлений к механике. Отдельные из них, как, например, Менделеев, в своих теоретических обобщениях стихийно подошли к ряду положений диалектического материализма.

Как известно, одной из руководящих идей в исследованиях Менделеева была идея единства материального мира, идея взаимной связи и обусловленности явлений природы. Именно исходя из этой идеи, Менделеев пришел к периодическому закону химических элементов. Но вместе с тем Менделеев выступал против метафизического толкования единства сил природы, против попыток сводить все многообразные явления природы к механике. Менделеев подчеркивал качественное своеобразие химических явлений, указывал, что силы, обусловливающие

химическое превращение, качественно отличны не только от механических, но и от электрических сил[1].

В атомах химических элементов, объединенных в периодическую систему, Менделеев видел не только количественное различие их атомных весов, но и качественное своеобразие атомов, определяющее их принадлежность к тому или иному химическому элементу, занимающему определенное место в периодической системе. Он выступил против гипотезы Проута и распространенного в то время учения о «первоматерии», которое механически сводило все индивидуальные особенности атомов к чисто количественному их различию.

Энгельс высоко оценил открытие Менделеева, блестяще подтвердившее диалектический закон перехода количественных изменений в качественные в области химии, оценивая это открытие как выдающийся научный подвиг.

К выводу о несостоятельности механических воззрений и принципа сводимости пришли также некоторые ученые Запада, ранее придерживавшиеся этих воззрений. Так, говоря о попытках априори доказать, что всякое качественное изменение должно сводиться к механическому движению мельчайших частиц, Больцман в речи «О принципах механики» указывал, что мы не можем принудить природу подчиниться механическому объяснению. Именно поэтому, писал он, для объяснения природы могут быть необходимы иные картины.

Эти факты говорят, что накопленные физикой к середине XIX в. опытные данные и объективное содержание передовых физических теорий (учение о сохранении и превращении энергии, атомистика Менделеева, электродинамика Максвелла) выявили диалектический характер физических явлений и открыли возможность преодоления механической ограниченности XVIII в., показали несостоятельность попыток построения единой картины физических процессов на основе принципов механики. С другой стороны, хотя сами естествоиспытатели и не поднялись в теоретическом мышлении до уровня созданного Марксом и Энгельсом научного мировоззрения, тем не менее многие из них ясно поняли, как указывал Энгельс, что имевшая среди них хождение философия не дает им выхода из того конфликта, который существовал между достигнутыми физикой результатами и укоренившимся методом мышления.

Приведенные факты опровергают имеющие место в нашей литературе утверждения, что физика XIX в. якобы была по своему объективному содержанию механической физикой.

---

[1] См. Д. И. Менделеев. Основы химии, т. I. 1934, стр. 13.

Объявив физику XIX в. «по преимуществу механической физикой», М. Э. Омельяновский в указанной выше книге «Ленин и физика XX века» утверждает далее, что сам Энгельс будто бы «не выходит за рамки классической физики». Это утверждение, не говоря уже о неправильном употреблении термина «классическая» физика, также глубоко ошибочно. Разрабатывая мировоззрение диалектического материализма, Маркс и Энгельс не только обобщили и критически анализировали известные в их время данные физики, но и предопределили пути ее дальнейшего развития.

Маркс и Энгельс высоко поднялись над уровнем науки своего времени не только в общих воззрениях на природу, но и в оценке ее конкретных проблем.

Критикуя атомистику Дальтона за то, что она сводит материю к неизменным и вечным атомам, Энгельс развивал представление о сложности химических элементов. «...Атомы,— писал Энгельс,— отнюдь не являются чем-то простым, не являются вообще мельчайшими известными нам частицами вещества»[1]. Развитие атомной физики в конце XIX и начале XX в. принесло блестящее подтверждение этих прогнозов Ф. Энгельса и открыло перед нами сложную внутреннюю структуру атомов. Далеко опередив воззрения современных ему физиков и астрономов, Энгельс высказал идею о пондеромоторном действии радиации и ее роли в развитии вселенной. Он указал также, что в области электричества предстоит открытие, подобное открытию Дальтона в химии. Эти гениальные мысли Энгельса также нашли подтверждение в последующем развитии физики.

* * *

Откуда исходят корни порочной историко-физической концепции, согласно которой основной фонд физики XIX в., ее объективное содержание не вышли за рамки механистического материализма XVIII в.? Кому она выгодна и кто ее защищает? Ответ на этот вопрос поможет нам понять всю глубину ошибочности и вредности той позиции, которую заняли в этом вопросе некоторые наши физики и философы.

Эту концепцию выдвинули на рубеже XIX и XX вв. Мах и его сторонники из лагеря «физического» идеализма.

Как известно, на рубеже XIX и XX вв. были сделаны крупнейшие открытия в различных областях физики (эксперимен-

---

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1950, стр. 216.

тальное доказательство существования электронов и детальное изучение их свойств, открытие рентгеновского излучения и радиоактивности, установление сложной структуры атомов и их изменчивости и т. д.). Эти открытия привели к ломке многих ранее установленных понятий и представлений физики. Так, например, если раньше атомы рассматривали как самые малые и притом неизменные и неделимые частицы, то новые открытия показали существование сложной внутренней структуры атомов и возможность превращения атомов одного химического элемента в атомы другого элемента. Если старая физика рассматривала массу каждого данного структурного элемента вещества как величину постоянную, неизменную, то детальное изучение свойств электрона показало, что его масса представляет собою переменную величину, изменяющуюся вместе со скоростью. Открытие излучения колоссальных количеств энергии радиоактивными элементами показало наличие в атомах не известных ранее колоссальных источников энергии и сложных энергетических процессов.

Определенная группа ученых — Пуанкаре во Франции, Дюгем в Бельгии, Пирсон и Пойнтинг в Англии и др.— стала рассматривать эту ломку устаревших понятий и представлений физики как крушение всего фундамента физики XIX в., ее основных законов. Так, например, Пуанкаре трактовал установленный факт зависимости массы электрона от его скорости как «крушение принципа сохранения массы»; в открытии излучения колоссальной энергии радиоактивными элементами он видел «крушение принципа сохранения энергии».

Мах и его сторонники из лагеря «физического» идеализма стали доказывать, что научное знание не имеет объективной ценности, что физика есть лишь совокупность технически ценных рецептов. Такие законы и принципы, как закон сохранения энергии, закон сохранения массы, лежащие в фундаменте физики, были объявлены «метафизическими предрассудками» физики XIX в., плодом ее механистической ограниченности.

Мах и его сторонники пытались опорочить вместе с физикой XIX в. также и связанный с нею естественно-исторический материализм большинства физиков. Объявив естественно-исторический материализм плодом метафизической, механической ограниченности XVIII в., Мах и его сторонники уверяют, что их субъективно-идеалистические воззрения составляют «философию физики XX в.».

На основе глубокого анализа и обобщения достижений физики В. И. Ленин с исчерпывающей полнотой доказал, что в новых открытиях физики имело место не крушение фундамента

физики XIX в., а ломка понятий и представлений физики, казавшихся неизменными метафизически мыслящим естествоиспытателям, разбил фальшивые, претенциозные ссылки махистов на новую физику, доказал, что их «новейшая философия естествознания» насквозь фальшива. «Философия естествоиспытателя Маха относится к естествознанию,— писал Ленин,— как поцелуй христианина Иуды относился к Христу»[1]. В. И. Ленин показал, что решение проблем, выдвинутых новейшей революцией в физике, нужно искать не в отступлении от материалистического наследства старой физики и основанного на нем естественно-исторического материализма большинства физиков, а в переходе к диалектическому материализму на основе всех достижений физической науки, в том числе и физики XIX в.

Меньшевиствующие идеалисты, орудовавшие у нас в 30-х годах XX в. на естественно-научном фронте, также объявили всю физику XIX в. механистической, отождествляли диалектический материализм с квантово-механической концепцией «копенгагенской школы» и с идеалистическими воззрениями, развиваемыми Эйнштейном в теории относительности. Меньшевиствующие идеалисты уверяли, что взгляды, развиваемые Эйнштейном, Бором, Гейзенбергом, якобы представляют «конкретизацию диалектического материализма» в физике.

Меньшевиствующие идеалисты не видели преемственной связи между физикой XIX в. и новыми физическими теориями, игнорировали то обстоятельство, что новые физические теории XX в. возникли на базе достижений физики XIX в. и исторически были подготовлены ими. Игнорируя эту историческую преемственность и призывая к отказу от материалистического наследства физики XIX в., меньшевиствующие идеалисты пытались подменить материалистическую диалектику идеалистическими теориями буржуазных ученых.

И в настоящее время махиствующие зарубежные физики и философы, воюющие против диалектического материализма, объявляют всю физику XIX в. механистической, а ее материалистическое наследие— метафизикой. Так, например, Эйнштейн в написанной совместно с Инфельдом книге «Эволюция физики» полностью игнорирует преемственную связь новейшей физики со старой физикой, уверяя, что современная физика якобы возникла лишь на основе отказа от материалистического наследства старой физики, и характеризует идеалистические концепции теории относительности и квантовой механики как результат крушения физики XIX в. Объявив всю физику XIX в.

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 333.

механистической, Эйнштейн, Бор, Гейнзенберг и их единомышленники пытаются доказать, что развиваемые ими субъективные идеалистические, агностические воззрения якобы составляют «философию новейшей физики».

Мы уже говорили о том, что большинство физиков XIX в. стояло на платформе механицизма. Механическая ограниченность мировоззрения естествоиспытателей оставила свой отпечаток и в научных физических теориях. Но современные «физические» идеалисты, пытающиеся опорочить физику XIX в. и естественно-исторический материализм физиков XIX в., имеют в виду не эту сторону вопроса. Они пытаются опорочить материалистическое наследство физики XIX в Об этом свидетельствует хотя бы та борьба, которая происходила вокруг закона сохранения и превращения энергии.

В 1924 г. Бор, Краммерс и Слетер выступили с требованием отказа от закона сохранения и превращения энергии. Они выдвинули «теорию», согласно которой световая волна не переносит энергии, а лишь создает в атоме, воспринимающем свет, то или иное «предрасположение» к поглощению фотона. Если атом источника света теряет энергию в виде фотона, утверждали они, то это не значит, что этой потере энергии соответствует индивидуальное приобретение такой же энергии одним из атомов воспринимающего свет тела. Закон сохранения энергии соблюдается лишь статистически, но не может быть соблюден в элементарных актах.

Тщательно поставленные эксперименты показали полную несостоятельность этой «теории» и незыблемость закона сохранения и превращения энергии.

В 1930 г., в связи с объяснением β-распада, буржуазные ученые опять предприняли атаку на закон сохранения энергии. Как выяснилось, имевшееся якобы противоречие между законом сохранения энергии и некоторыми особенностями β-распада легко разрешаются.

Не успела затихнуть в конце 1934 г. борьба вокруг закона сохранения и превращения энергии, возникшая в связи с проблемой β-распада, как эта борьба снова вспыхнула в связи с ошибочными опытами Шенкланда.

Последний опубликовал результаты своих опытов, в которых «доказывал», что при рассеянии γ-лучей в воздухе, алюминии и парафине не имеет места совпадение электронов отдачи с рассеянными квантами. Повторение этих опытов показало полнейшую ошибочность выводов Шенкланда. Было показано, что результаты его опытов объясняются тем, что он пользовался недостаточно однородными γ-лучами.

Эти многочисленные безуспешные подкопы буржуазных ученых под закон сохранения и превращения энергии отражают общую идейную тенденцию современных махиствующих буржуазных физиков, направленную на отказ от материалистического наследства физики XIX в. с целью обоснования своих субъективно-идеалистических воззрений. По этой причине и объявляется, что физика XIX в. с ее выдающимися достижениями является наукой «механистической» или метафизической.

Подобные порочные взгляды, по которым все величайшие достижения физики XIX в. объявляются чуждыми духу современной физики, плодом механистического мировоззрения, имеют, в той или иной форме, хождение и среди некоторой части наших физиков. Академик А. Ф. Иоффе в книге «Основные представления современной физики» пишет: «Если в XIX веке атомные области знания мирно сосуществовали с непрерывным эфиром и теорией упругости, то дальнейшее развитие атомной физики вскрыло такие глубокие противоречия, которые нельзя было совместить ни с эфиром, ни со *всей классической физикой*»[1] (курсив мой.— *Х. Ф.*). Этот тезис Иоффе красной нитью проходит через всю его книгу.

«Атомные области знания» не сосуществовали мирно с непрерывным эфиром не только в XIX, но и в XVIII в., когда Ломоносов развивал свои воззрения на эфир. Кроме того, крушение механической модели эфира не было катастрофой для всей старой физики в целом. Эфир не был неизбежным выводом этой физики. Другие аргументы, приводимые автором для доказательства «несовместимости» фундаментальных положений так называемой «классической» физики с современной физикой, столь же шатки.

А. Ф. Иоффе в свое время считал несовместимым с современной физикой и закон сохранения энергии, занявший прочное место в физике XIX в. А. Ф. Иоффе сейчас признает ошибочность своего «временного отказа» от закона сохранения энергии, но зато пытается доказать, что современное развитие атомной физики несовместимо со всей старой физикой.

Относя все основные достижения физики XIX в. по ведомству механистического материализма, авторы некоторых трудов оповещают нас, что только современная физика приводит к диалектическому материализму.

Безусловно, ни одна положительная физическая теория не может противоречить диалектическому материализму. И кван-

---

[1] А. Ф. Иоффе. Основные представления современной физики. 1949, стр. 6.

товая механика не противоречит, а подтверждает мировоззрение диалектического материализма. Но дело в том, что физика, как и все естествознание, давно уже подтвердила диалектический материализм и привела к нему, как показали Маркс и Энгельс, свыше ста лет назад. Конечно, есть такие ученые, которых физика только сейчас, в связи с ее новейшим развитием, приводит к диалектическому материализму. Но отсюда отнюдь не следует, что физика XIX в. по своему содержанию была целиком механистической, метафизической.

Задача в наше время состоит не просто в том, чтобы искать доводы в пользу диалектического материализма в новых физических представлениях, а в том, чтобы построить эти представления в полном соответствии с диалектическим материализмом, с позиций диалектического материализма предугадывать развитие той или иной теории, развивать диалектический материализм на основе новых достижений науки и практики.

Бесспорно, в старой физике было немало метафизических преувеличений и механической ограниченности. Маркс, Энгельс, Ленин и Сталин вскрыли, показали и критиковали это. Вместе с тем основоположники научного коммунизма показали также, что естествознание в целом и физика в частности еще в середине XIX в. достигли такого уровня, что стало возможным полное преодоление механической ограниченности науки XVIII в. Объективное содержание физики послужило одной из подготовительных ступеней к формированию диалектического материализма, к коренному пересмотру методологии физики, и появление новых физических теорий в XX в. было подготовлено всем ходом развития физики в XIX в.

Было бы неправильно думать, что в воззрениях современных физиков и в современных физических теориях преодолены механистическая односторонность и метафизический метод мышления.

Буржуазия в борьбе против диалектического материализма делает ставку не только на идеализм, но и на механицизм.

В настоящее время, конечно, трудно найти физиков, которые стояли бы на позициях механицизма в старом смысле слова, т. е. в смысле защиты принципа сводимости всех физических явлений к механике. Но механицизм проявляется и в другом виде, а именно в тенденции к перенесению установленных для определенной области явлений закономерностей за пределы своей применимости. В этом смысле механицизм — не редкое явление среди современных физиков. Неомеханистические тенденции в современной физике сказываются в том, что буржуазные ученые предпринимают многочисленные попытки свести

химические, биологические и другие явления к квантово-механическим закономерностям.

Борьба против идеализма в современной физике непосредственно связана с борьбой против проявления механицизма. Идеализм и механицизм являются негодными продуктами, которые порождаются развитием физики в условиях буржуазного общества, где господствует реакционная идеология. Эти негодные продукты оказывают свое влияние и на идеологически неустойчивую часть наших ученых. Но мы должны отличать объективное содержание науки, подлинный смысл ее достижений от господствующего среди буржуазных ученых мировоззрения и от реакционных поползновений, порождаемых этим мировоззрением на пути развития науки.

Нельзя ставить также знак равенства между уровнем физики XIX в., ее объективным содержанием, с одной стороны, и господствовавшими в тот период среди физиков механистическими, метафизическими воззрениями, с другой. На это и указывал Ф. Энгельс, говоря о конфликте между результатами, достигнутыми в тот период естествознанием, и укоренившимся у естествоиспытателей методом мышления.

С. Г. СУВОРОВ

КРИТИКА В. И. ЛЕНИНЫМ МАХИЗМА И БОРЬБА ПРОТИВ СОВРЕМЕННОГО «ФИЗИЧЕСКОГО» ИДЕАЛИЗМА

1

Свыше сорока лет прошло со дня выхода в свет гениального творения В. И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм», творения, глубочайший смысл которого раскрывается все больше по мере того, как становится все острее борьба между материализмом и идеализмом, между идеологией нового, социалистического общества и господствующей идеологией отживающего капиталистического строя.

«Материализм и эмпириокритицизм» Ленина — документ партийной борьбы, который был призван решить насущные задачи рабочего движения, стоявшие перед партией. Этот документ был и остается поныне мощным идеологическим оружием коммунистической партии.

Книга была написана Лениным в период, когда революция 1905 г. потерпела временное поражение и царизм вел наступление на рабочий класс и его партию. Это был период идейных шатаний среди части интеллигенции, проявившихся в политике (ликвидаторство), искусстве и литературе (отход от реализма, декадентство), естествознании (отход от материализма к идеализму) и в других областях идеологии (например, богоискательство, богостроительство и т. п.).

Борьба против марксизма стала модой. Группа интеллигентов (примыкавших тогда к большевикам — Богданов, Базаров, Луначарский, меньшевики Юшкевич, Валентинов), называвших себя марксистами, пытались «обновить» марксизм, подправив его «достижениями» «самоновейшей философии естествознания 20 века», пропагандируемой Махом и его последователями. Русские махисты, «желающие быть марксистами», как их иронически называет В. И. Ленин, способствовали появлению множества переводов на русский язык книг Маха,

Авенариуса, Петцольдта и других вожаков зарубежного идеализма, а также выпустили ряд собственных книг и сборников, ревизующих марксизм.

Против этих ревизионистов марксизма, лицемерно выступавших под флагом марксизма, а фактически стремившихся подорвать его, и выступил Ленин в книге «Материализм и эмпириокритицизм». Ленин разгромил в ней не только русских проводников идеалистической философии, но и их идейных учителей.

Великое значение книги Ленина состоит в защите теоретических основ марксизма — диалектического и исторического материализма, в развитии его в новых исторических условиях. В этом отношении «Материализм и эмпириокритицизм» Ленина идейно связан с работой товарища Сталина «Анархизм или социализм?», написанной в 1906—1907 гг.

Книга Ленина, указывает товарищ Сталин, является вместе с тем «материалистическим обобщением всего важного и существенного из того, что приобретено наукой и, прежде всего, естествознанием за целый исторический период, за период от смерти Энгельса до появления в свет книги Ленина...»[1]. В области физики этот период характеризовался «гигантскими, головокружительными» (Ленин) успехами, крупнейшими открытиями, которые позволили проникнуть в глубь атома. Это был период бурной ломки ряда важнейших понятий, сложившихся в старой физике, период, когда стала очевидной несостоятельность механистического материализма в деле обобщения новых открытий в физике, когда в ней поднял голову идеализм.

Диалектический материализм был открыт Марксом и Энгельсом на основе развития и обобщения общественных, а также естественных наук. Основоположники марксизма обобщили и вскрыли значение величайших открытий математики, физики, химии, биологии. Они показали глубочайший диалектический смысл открытий дифференциального исчисления, закона сохранения и превращения энергии, синтеза органических веществ, теории происхождения видов, отметили диалектический характер периодического закона элементов. Но диалектический материализм не стал в то время мировоззрением естествоиспытателей. Энгельс, уже в современном ему ходе развития естествознания провидевший его будущие черты, неустанно призывал естествоиспытателей сознательно переходить на позиции диалектического материализма и предупреждал их, что в противном случае они окажу ся безоружными перед натиском идеалистиче-

[1] «История ВКП(б). Краткий курс», стр. 98.

ской философии. Однако эти призывы не дошли до естествоиспытателей.

К сожалению, книга, задуманная Энгельсом как широчайшее обобщение естествознания и диалектического развития природы, не была им закончена, и ее фрагменты были скрыты от рабочего класса и научной интеллигенции изменниками делу марксизма. Тридцать лет пролежали они под спудом в архивах германской социал-демократической партии и увидели свет только после Октябрьской революции, в 1925 г., в советском издании.

Большинство физиков XIX в. в своих исследованиях исходило из материалистических взглядов. Эти взгляды не отличались цельностью и во второй половине столетия далеко отставали от передового материалистического мировоззрения, разработанного в трудах Маркса и Энгельса, обобщивших гигантское развитие познания природы и общества. Физики стихийно верили в то, что вне нас существует природа, познание которой и составляет цель естествознания.

Они наивно полагали, что стоят уже накануне завершения здания всей науки, когда будут познаны последние основы всех явлений природы, последние простейшие «кирпичи мироздания». М. Планк свидетельствует о настроениях физиков того времени: «Когда я начал свои физические занятия и спросил у своего почтенного учителя Филиппа Ф. Жолли совета об условиях и перспективах моих занятий, он представил мне физику, как высоко развитую, почти вполне созревшую науку, которая должна скоро принять свою окончательную устойчивую форму после того, как она в известном смысле увенчана открытием принципа сохранения энергии. Конечно, в том или ином уголке можно еще заметить или удалить пылинку или пузырек, но система, как целое, стоит довольно прочно, и теоретическая физика заметно приближается к той степени совершенства, какою уже столетия обладает геометрия»[1].

Структура «последних основ» мироздания казалась простой. Многие физики представляли их в виде однородных, неделимых частиц-атомов, между которыми действуют неизменные силы притяжения и отталкивания. Программу сведения всех физических явлений к этой схеме выразил, например, Гельмгольц[2]. Величайшее открытие естествознания — закон сохранения и превращения энергии — было превратно истолковано физиками

---

[1] М. Планк. От относительного к абсолютному. Вологда, 1925, стр. 15—16.

[2] Г. Гельмгольц. О сохранении силы. ГТТИ, 1934. Введение.

как доказательство возможности сведения всех форм движения материи к механической форме.

Физики-материалисты ставили перед собой простую и ясную цель — изучение законов внешнего объективного мира, в конечном счете ради практических целей. Но стихийность материалистической позиции физиков таила в себе огромные слабости. Физики в своем большинстве не поднимались выше элементарной, метафизической формы материализма. Они не имели представления о познании как о процессе, в котором мы все больше и больше приближаемся к объективной, абсолютной истине, никогда не исчерпывая ее. Идеальная структура науки мыслилась как структура законченная, от исходных постулатов до конечных выводов. Метафизический материализм естествоиспытателей был связан с определенным физическим представлением о природе как механической системе, состоящей из неизменных, бесструктурных элементов, движение которых подчиняется законам механики. Хотя само объективное содержание физики XIX в. обнаруживало диалектику природы, метафизические воззрения естествоиспытателей не были изжиты.

Серьезным ударом по механистическому воззрению на явления природы явилась теория электромагнитных процессов Максвелла и крах механических моделей эфира. Исходя из идей Фарадея о близкодействии электрических и магнитных сил, Максвелл создал теорию электромагнитных процессов, как некоторых физических процессов, распространяющихся в пространстве в *конечное* время. Уравнения этой теории связывали изменение электрической напряженности E и магнитной напряженности H в соседних точках пространства. Гипотеза Максвелла о том, что эти напряженности суть проявления каких-то механических деформаций эфира, не подтвердилась. Не подтвердилась ни одна механическая модель эфира, которые физики упорно, но безуспешно строили во множестве. Позднее, когда стало ясно, что механические модели эфира не могут объяснить электромагнитных процессов и что он не обнаруживается экспериментами, идея о существовании мирового эфира как однородной упругой механической среды была покинута, правда, не без борьбы.

Вместе с тем теория электромагнитных процессов блестяще оправдалась. Предсказанные теорией электромагнитные волны были открыты в 1888 г. Г. Герцем, а спустя семь лет, благодаря замечательному изобретению А. С. Попова, они получили практическое применение в современной радиотехнике. Была также установлена электромагнитная природа света и экспериментально подтверждена предсказанная теорией связь

между оптическими и электромагнитными константами тел. Вытекающие из электромагнитной теории выводы о наличии давления света были блестяще подтверждены классическими экспериментами П. Н. Лебедева. Из результатов исследований П. Н. Лебедева непосредственно вытекало, что электромагнитное излучение (электромагнитное поле) обладает массой и импульсом. Это означало, что поле, в некоторых отношениях отличаясь от вещества, имеет с ним и много общего и что поэтому, даже с точки зрения физических свойств, его нельзя противопоставлять веществу, как нечто «нематериальное» — материи. Следует также подчеркнуть, что П. Н. Лебедев рассматривал давление света на вещество не как механический процесс, а как процесс *взаимодействия* излучения со *сложной системой* — атомом.

Однако огромные успехи теории электромагнитных процессов не были гносеологически осмыслены физиками. Многие из них растерялись. Перед ними была теория, которая быстро стала основой техники, с нею нельзя было не считаться; но отображаемые ею процессы могли происходить в «пустоте», в которой не было знакомой физикам материи—вещества, с теми свойствами, какими, его наделяла «классическая» механика. Впервые в истории физики была создана «поразительно удачная, но совершенно непонятная» теория, в которой были уравнения, описывающие движение, но «не было материи, которая бы двигалась», т. е. новая теория не опиралась на механистическое представление о веществе и его перемещении. Академик А. Ф. Иоффе передает из личной беседы рассказ крупнейшего физика того времени, Г. А. Лоренца, стоявшего, как известно, на стихийно-материалистических позициях: «Почувствовав громадное значение этой теории (Максвелла.— *С. С.*), он стал ее изучать, но убедился, что ничего не понимает, кроме формул, ничего из этой теории извлечь не может.

Узнав, что вышло французское изложение теории Максвелла, он сейчас же поехал в Париж, ожидая, что автор, изложивший Максвелла, очевидно, его понимает. Но автор этого изложения ему сказал, что теорию Максвелла вообще нельзя понять, что в ней чисто математическая, совершенно абстрактная форма есть, а физического смысла теория Максвелла иметь не может»[1].

Физики, думающие над судьбой своей науки, остро переживали этот момент ее развития. Они жаловались, что с теорией

---

[1] А. Ф. Иоффе. Развитие атомистических воззрений в XX веке. ПЗМ, 1934, № 4, стр. 55.

Максвелла в физике появился и затем широко разлился по всем ее разделам новый, «нежелательный дух» — непонятная гипотеза. Смятение физиков, не сумевших философски осмыслить новый этап развития физики, один из современников передает в следующих словах: «С непонятным для него орудием в руках ученый делает чудеса, начинает многое понимать, что раньше было непонятно, открывает новые явления, объединяет разнородное, надеясь, что современем он поймет смысл и значение своего чудодействующего орудия. Однако, все достигнутые таким путем научные победы вызывают, рядом с чувствами восторга и удивления, чувство глубокой неудовлетворенности. Мы видим, что воздвигается новое научное здание, но его фундамент нам непонятен и вызывает величайшие сомнения»[1].

Эти высказывания свидетельствуют о философской беспомощности многих физиков, которых развитие науки поставило перед новыми фактами. Они показывают, как мучительно рождалось в сознании физиков представление о дотоле неизвестной им форме материи — поле.

Но это было только начало. Одновременно зрели и к концу XIX в. окончательно выявились новые взгляды на природу вещества. Уже открытый великим Д. И. Менделеевым (1869) закон периодичности химических свойств элементов свидетельствовал о сложной структуре атомов. Идеи об их сложной структуре подтверждались также открытием у атомов различных элементов индивидуальных спектров излучения и стали вполне очевидными после открытия радиоактивности (1896) и ряда других явлений. Рушились представления о конечных неизменных сущностях, созданные метафизическим мышлением.

Новые открытия показали также, что природа атомов не механическая, что их структура связана с электромагнитным характером взаимодействия входящих в атомы зарядов (на что указывали явления радиоактивности, ионизация атомов, спектральные закономерности и зависимость спектров от электрических и магнитных полей). Оказалось также, что масса электронов — частиц, обладающих элементарным зарядом, — является переменной, она зависит от скорости движения электронов и, по крайней мере, часть этой массы имеет электромагнитное происхождение. Механика Ньютона теряла свой абсолютный характер. Развитие электродинамики движущихся тел привело к выводу о том, что не оправдываются представления об

---

[1] О. Д. Хвольсон. Характеристика развития физики за последние 50 лет. Госиздат, 1924, стр. 205—206.

«абсолютном пространстве» и «абсолютном времени», на которые опиралась механика Ньютона. Это многим физикам казалось столь же катастрофичным, как и крушение надежд построить завершенную науку.

Новые экспериментальные открытия не укладывались в рамки старых метафизических представлений о природе; они привели к краху мечтания физиков о законченной картине мироздания.

Метафизический материализм оказался не в состоянии объяснить ни новых открытий, не сводимых к механике, ни диалектики новых понятий. Перед лицом новых неожиданных фактов физики оказались безоружными в философском отношении, что и предвидел Энгельс. Становилось все более ясным, что понятия, которыми оперирует наука, подвижны, изменчивы, что изменчива картина наших представлений о мире. Невозможно стало двигаться далее без уяснения физиками вопроса, что же собственно является предметом науки Теоретическая физика вплотную подошла к проблемам теоретико-познавательного порядка.

Так, к концу XIX в. физики оказались на распутье. Куда они пойдут дальше — к диалектическому материализму, который в наших относительных понятиях видит ступени познания абсолютной истины, или к абсолютному релятивизму, полному отрицанию объективной ценности понятий и законов, т. е. идеализму?

Вся общественная и политическая обстановка к концу XIX в. была уже не той, что прежде. Капитализм вступил в империалистическую стадию развития, характеризующуюся обострением всех противоречий капиталистического общества и в первую очередь обострением классовой борьбы и поворотом буржуазии к реакции по всей линии. Рабочий классс все организованнее выступал против своего классового врага и к рассматриваемому периоду имел уже опыт захвата политической власти и временного установления диктатуры пролетариата (Парижская Коммуна). Маркс и Энгельс применили положения диалектического материализма к явлениям жизни общества; тем самым они разработали *исторический материализм*, научно доказали неизбежность краха капиталистического общества. Исторический материализм стал руководящей теорией революционного преобразования капиталистического общества. В России развернулось широкое рабочее движение, и в самом начале XX в. была создана Лениным и Сталиным марксистская партия нового типа, которая защитила диалектический и исторический материализм от извращений его ревизионистами и сделала его

действенным оружием рабочего класса. Революция 1905 г. обострила идеологическую борьбу и ускорила размежевку классовых сил.

Политическая обстановка бросала буржуазную профессуру в объятия идеализма. Опорочить материализм «внизу» означало для нее ниспровергнуть материализм и «вверху», т. е. ниспровергнуть материалистическое объяснение развития общества и вывод о неизбежности его революционной перестройки. Это и объясняет, почему в последней четверти XIX и в первом десятилетии XX в. появилось огромное количество идеалистических работ, пытавшихся вместе с метафизикой похоронить в естествознании и материализм. Мах, Авенариус, Иерузалем, Петцольдт, Пирсон, Клейнпетер, Оствальд, Гельм, Шуппе, Вилли, Дюгем, Пуанкаре, Фолькман и многие другие представители различных школок и теченьиц злобно клеветали на материализм, стремясь уничтожить его как «пережиток прошлого».

В этом потоке идеализма махистское направление сыграло особую роль. Особенность махизма состоит в том, что он не выступает прямо *против* материализма в пользу идеализма, а делает вид, что он стоит *над* материализмом и идеализмом, что он расчищает науку от всего ненаучного, занимается лишь анализом *способов познания* «с точки зрения современной науки», дабы «не впасть в метафизику». Это наиболее утонченная форма идеализма. Тем физикам, которые усомнились в метафизическом материализме, а к диалектическому не пришли, но которые еще страшились идеализма прямого, грубого, как явно несовместимого с наукой, махизм облегчал отход от материалистических традиций. В замаскированные сети махистской философии попадали те естествоиспытатели, которые не могли преодолеть на материалистическом пути теоретико-познавательные трудности, несомненно возникавшие в ходе развития физики.

В. И. Ленин подчеркивал, что современная буржуазная философия специализировалась на гносеологии. Для понимания новой обстановки и задачи идеологической борьбы в XX в. исключительно важна оценка Лениным двух исторических периодов борьбы за диалектический материализм против идеализма; первый из этих периодов относится ко времени Маркса и Энгельса, второй — ко времени борьбы Ленина против махизма.

«Маркс и Энгельс,— писал Ленин,— вырастая из Фейербаха и мужая в борьбе с кропателями (имеются в виду Бюхнер, Фохт, Молешотт, Дюринг.— *С. С.*), естественно обращали наибольшее внимание на достраивание философии материализма доверху, т. е. не на материалистическую гносеологию, а на материалистическое понимание истории. От этого Маркс и Энгельс

в своих сочинениях больше подчеркивали *диалектический* материализм, чем диалектический *материализм*, больше настаивали на *историческом* материализме, чем на историческом *материализме*. Наши махисты, желающие быть марксистами, подошли к марксизму в совершенно отличный от этого исторический период, подошли в такое время, когда буржуазная философия особенно специализировалась на гносеологии и, усваивая в односторонней и искаженной форме некоторые составные части диалектики (например, релятивизм), преимущественное внимание обращала на защиту или восстановление идеализма внизу, а не идеализма вверху. По крайней мере позитивизм вообще и махизм в частности гораздо больше занимались тонкой фальсификацией гносеологии, подделываясь под материализм, пряча идеализм за якобы материалистическую терминологию,— и мало сравнительно обращали внимания на философию истории»[1].

Борьбе против ревизии марксизма под флагом «новейшей естественно-научной философии», беспощадной критике махистской гносеологии Ленин и посвятил свой гениальный труд «Материализм и эмпириокритицизм».

Мастерским показом того, что только материалистическая теория познания в состоянии обобщить новейшие достижения физики, Ленин разбил претензии идеализма стать «естественнонаучной» теорией познания. В разработке материалистической теории познания в связи с новыми физическими проблемами, в которых запутались многие физики, и заключается огромное значение труда Ленина «Материализм и эмпириокритицизм» для естествознания.

* * *

Махизм попытался использовать коренную ломку некоторых понятий в физике для того, чтобы навязать естествоиспытателям свою «теорию физического познания».

Согласно махистской теории познания, первичное, с чем имеет дело человек, это ощущение, как чисто субъективное переживание. Понятие есть только мнемонический способ, вспомогательный прием, употребляемый для того, чтобы облегчить памяти сохранять множество отдельных фактов восприятия. Таково же значение законов, теорий. Например, закон падения тел Галилея есть краткая запись множества фактов восприятия местоположений тела, сопоставляемых с положениями стрелки

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 315—316.

часов. Нужно всегда помнить об этой вспомогательной функции понятий, говорят махисты, и не злоупотреблять ими. Старая же физика видела в понятиях не вспомогательный прием, а нечто большее: она связывала с понятиями нечто существующее вне человека и, по утверждению махистов, жестоко поплатилась за это «всеобщим разгромом принципов».

Но какой же выход предложил эмпириокритицизм из тех гносеологических трудностей, которые переживала физика? Он предложил физикам... не стремиться выходить за круг собственных ощущений, из которых человеку якобы нет никаких путей, и пытался убедить их, что в познании ощущений и их связей собственно и состоит цель науки. Ленин нещадно разоблачал эту «естественно-научную» «теорию познания 20 века» как старую-престарую берклеанско-юмистскую поповщину.

Для махизма восприятие и предмет восприятия тождественны. Роль мышления сводится к установлению связи между восприятиями, к «экономической функции», облегчающей классификацию восприятий и их запоминание. В теории познания махизма не возникает проблемы проверки познания, один факт восприятия для махизма не лучше и не хуже другого, «...самый несообразный сон есть факт, не хуже всякого другого»[1].

Буржуазная философия уже многие и многие десятилетия вращается в порочном кругу одних и тех же проблем: как возможен переход от ощущения к объекту, вызывающему ощущение, если таковой существует? Еще Беркли в обоснование своей философии приводил «довод»: ощущение может быть похоже только на ощущение же, а не на какую-то вещь, находящуюся вне его. Кант согласился с этой посылкой Беркли, но, в отличие от него, все же признал, что верит в существование «вещей в себе», объявив их непознаваемыми. Махисты вернулись к Беркли и Юму, отрицая существование объективного мира.

Величайшим открытием философского материализма Маркса и Энгельса было учение о значении активной сознательной деятельности человека в процессе познания объективного мира и о познании, как процессе движения к объективной, абсолютной истине *через истины относительные*. Диалектический материализм не противопоставляет относительную и абсолютную истины, как нечто исключающее друг друга; абсолютная истина складывается из относительных истин в их развитии, относительная истина есть ступень в процессе движения познания к истине абсолютной; на этом основании Ленин указывал, что

---

[1] Э. Мах. Анализ ощущений. Цитировано по книге: В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 125.

«в каждой научной истине, *несмотря на ее относительность, есть элемент абсолютной истины...»*[1]. Ленин в «Материализме и эмпириокритицизме» в борьбе против позитивизма опирался на это выработанное марксизмом учение о познании, развил его в стройную систему, теорию отражения объективного мира в сознании человека, и применил ее к важнейшим проблемам естествознания.

Ощущение, восприятие — исходный момент познания, единственный источник нашего знания о мире. Ощущение, писал Ленин, «есть действительно непосредственная связь сознания с внешним миром, есть превращение энергии внешнего раздражения в факт сознания»[2]. Оно не тождественно объекту познания, но и не является его иероглифом, условным знаком. Поскольку оно *ведет* к *познанию* объективного мира, оно является *образом*, *отражением* этого мира в сознании человека. «Нет ни единого случая, насколько нам известно до сих пор,— писал Ленин вслед за Энгельсом,— когда бы мы вынуждены были заключить, что наши научно-проверенные чувственные восприятия производят в нашем мозгу такие представления о внешнем мире, которые по своей природе отклоняются от действительности, или что между внешним миром и нашими чувственными восприятиями его существует прирожденная несогласованность»[3]. Махисты же хотя и любят декламировать на тему, что они представляют мир действительно таким, каким он нам дан в показаниях наших органов чувств, на самом деле «*недостаточно* доверяют показаниям наших органов чувств», ибо «не видят в ощущениях верного снимка с этой объективной реальности...»[4].

Но это не все. Процесс познания объективного мира только *начинается* с ощущений и не ограничивается ими. В этом процессе человек выступает не как пассивный приемник внешних воздействий, а как активный субъект. На основе материала, доставляемого органами чувств, мышление человека образует понятия, теории, иначе говоря, образы (а не вспомогательные мнемонические приемы!) объективных процессов природы, справедливость которых *проверяется практической деятельностью человека*. Ленин говорит: «У Энгельса вся живая человеческая практика врывается в самое теорию познания, давая *объективный* критерий истины: пока мы не знаем закона природы, он,

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 296 (Подчеркнуто нами.— *С. С.*).
[2] Там же, стр. 39.
[3] Там же, стр. 98.
[4] Там же, стр. 116.

существуя и действуя помимо, вне нашего познания, делает нас рабами „слепой необходимости". Раз мы узнали этот закон, действующий (как тысячи раз повторял Маркс) *независимо* от нашей воли и от нашего сознания,— мы господа природы. Господство над природой, проявляющее себя в практике человечества, есть результат объективно-верного отражения в голове человека явлений и процессов природы, есть доказательство того, что это отражение (в пределах того, что̀ показывает нам практика) есть объективная, абсолютная, вечная истина»[1]. Ощущение, мышление и практическая деятельность человека — составные моменты единого *процесса* отражения природы в сознании человека.

Блестящей иллюстрацией учения марксизма о познании, как процессе движения через относительные истины к истине абсолютной, является ломка старых понятий в физике.

Как относился к этой ломке понятий Ленин? Чем была для него старая (так называемая «классическая») и чем явилась новая физика?

Ленин рассматривал новейшие открытия в физике и вытекающие из них следствия не как катастрофу, а как «новейшую революцию в естествознании», наступление которой вполне закономерно. Вместе с тем переход от старой физики к новой означал для Ленина не переход от заблуждения к истине, а лишь переход от одной ступени проникновения человеческого сознания в сущность природы к другой ступени более глубокого проникновения. Это есть звено бесконечного процесса все более точного отражения сознанием сущности объективно существующей природы, процесса бесконечного движения познания через относительные истины к абсолютной, бесконечного прежде всего потому, что сама природа бесконечна, неисчерпаема.

Ленин писал в «Материализме и эмпириокритицизме»: «„Сущность" вещей или „субстанция" *тоже* относительны; они выражают только углубление человеческого познания объектов, и если вчера это углубление не шло дальше атома, сегодня — дальше электрона и эфира, то диалектический материализм настаивает на временном, относительном, приблизительном характере всех этих *вех* познания природы прогрессирующей наукой человека. Электрон так же *неисчерпаем*, как и атом, природа бесконечна, но она бесконечно *существует*, и вот это-то единственно категорическое, единственно безусловное признание ее *существования* вне сознания и ощущения

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 177.

человека и отличает диалектический материализм от релятивистского агностицизма и идеализма»[1].

Крушение метафизических представлений о якобы неизменной сущности вещей, о последних «кирпичах мироздания», к раскрытию которых вот-вот подходит естествознание, махизм использовал для борьбы с материализмом. Он объявил, что современная физика якобы доказала крушение материи, что признание источником наших ощущений чего-то существующего независимо от ощущений есть «метафизика», переход из области науки в область ненаучных спекуляций, справедливость которых человек никогда не может доказать.

Ленин не оставил камня на камне от всех этих построений махизма.

Развивая дальше учение Маркса и Энгельса, В. И. Ленин дает определение материи как *философской категории*. «Материя есть философская категория для обозначения объективной реальности, которая дана человеку в ощущениях его, которая копируется, фотографируется, отображается нашими ощущениями, существуя независимо от них»,— говорит Ленин[2]. Наши конкретные представления о строении материи — это лишь исторически определенная ступень познания объективного мира. Переход от установившихся представлений о строении материи к новым есть лишь свидетельство углубления нашего познания объективной реальности, а не крушение материализма, не исчезновение самой объективной реальности: «„Материя исчезает“ — это значит исчезает тот предел, до которого мы знали материю до сих пор, наше знание идет глубже; исчезают такие свойства материи, которые казались раньше абсолютными, неизменными, первоначальными (непроницаемость, инерция, масса и т. п.) и которые теперь обнаруживаются, как относительные, присущие только некоторым состояниям материи. Ибо *единственное* „свойство“ материи, с признанием которого связан философский материализм, есть свойство *быть объективной реальностью*, существовать вне нашего сознания»[3].

Ленин учит, что пространство, время, движение суть также философские категории для обозначения объективных форм существования материи, наши конкретные представления о которых суть так же исторически обусловлены, относительны, изменчивы. Но этим относительным представлениям соответствует объективная, не зависимая от нашего сознания и в этом смысле абсолютная истина.

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 249.
[2] Там же, стр. 117.
[3] Там же, стр. 247.

Диалектический материализм не связан ни с какой специальной «картиной мира», механической или электромагнитной или какой-либо иной. Он не говорит физикам: не смейте дерзать, итти дальше, ибо там раскрываются «диковинные» непривычные свойства материи. Напротив, диалектический материализм раскрывает перед физиками неисчерпаемые возможности развития физических теорий, которые определяются *решающим* научным критерием — их способностью отражать объективный материальный мир.

Ленин сорвал маску с махизма, обнажил его идеалистическую сущность, и в свете ленинской критики жалкими оказались потуги махистов занять «особую» линию в философии, стать «над» материализмом и идеализмом.

Последовательно проведенный махизм есть солипсизм. Теория познания махизма противоречит современному естествознанию. Ленин убедительно это вскрывает, показывая, как отвечают махисты на два простых вопроса: мыслит ли человек при помощи мозга, существовала ли Земля до человека? Во времена Беркли поповствующие философы еще могли бы уйти от этих вопросов; в наши времена развились целые науки — физиология головного мозга, геология, палеонтология и другие,— которые имеют своим предметом мозг человека как орган мышления, и Землю, историю развития ее оболочки и организмов на ней как раз в те времена, когда человека не могло еще быть. Достижения этих наук прочно легли в основу практической деятельности человека, и они не могут быть выброшены из арсенала естественных наук. Прожектором беспощадной критики Ленин освещает неприглядную картину того, как изворачиваются махисты, всячески изощряясь, чтобы сохранить форму своих солипсистских рассуждений и вместе с тем соблюсти видимость согласия с выводами естествознания. Махисту Вилли пришлось даже изобретать сознание червяка, «опытом» которого была Земля до того, как появился человек.

Махизм внутренне противоречив. Стремясь стать «теорией познания современного естествознания», он не может не считаться с тем, что естествознание, как и любая практическая деятельность человека, развивается на основе убеждения людей в существовании объективного мира. Поэтому махизм не может последовательно защищать свои исходные позиции субъективного идеализма и совершает незаконную попытку «тайком протащить материализм»[1]. В качестве прикрытия противоречий и убожества своей эклектической философии махисты исполь-

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 48.

зуют разные словесные ухищрения, вроде «элементов мира» Маха, «интроекций» и «противочленов» Авенариуса и т. п. Подводя итоги подобным ухищрениям, Ленин обнажает все ничтожество этой, с позволения сказать, философии: «Итог. Перед нами выступило три эмпириокритических авгура, которые в поте лица своего трудились над примирением своей философии с естествознанием, над починкой прорех солипсизма. Авенариус повторил довод Фихте и подменил мир действительный миром воображаемым. Петцольдт отодвинулся от идеализма фихтевского и пододвинулся к идеализму кантианскому. Вилли, потерпев фиаско с „червяком", махнул рукой и нечаянно проболтал правду: либо материализм, либо солипсизм или даже непризнание ничего, кроме настоящего момента»[1].

Но если Вилли и виллиподобным по душе солипсизм, то спрашивается, при чем здесь современное естествознание; если же современное естествознание приводит к материалистическим выводам, то при чем здесь «новейшая» философия эмпириокритицизма?

В свете материалистической теории познания Ленин рассматривал и кризис физики. Некоторые естествоиспытатели видели кризис физики только в ломке физических понятий. Но ломка понятий сама по себе не составляет еще кризиса физики, напротив, она является необходимым процессом углубления нашего познания объективного мира. Ленин указывал, что «в философском отношении суть „кризиса современной физики" состоит в том, что старая физика видела в своих теориях „реальное познание материального мира", т. е. отражение объективной реальности. Новое течение в физике видит в теории только символы, знаки, отметки для практики, т. е. отрицает существование объективной реальности, независимой от нашего сознания и отражаемой им... *Суть* кризиса современной физики состоит в ломке старых законов и основных принципов, в отбрасывании объективной реальности вне сознания, т. е. в замене материализма идеализмом и агностицизмом»[2].

Отход части физиков к идеализму — вот главное, что определяет содержание кризиса физики. Ломка физических понятий и бессилие естествоиспытателей, с их метафизическим мышлением, материалистически осмыслить эту ломку являются гносеологической основой кризиса физики. Современные физические теории принимают крайне абстрактную математическую форму. Эти абстракции только тогда имеют смысл и двигают познание

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 69—70.
[2] Там же, стр. 243, 245.

вперед, когда они отражают свойства объективного материального мира, когда они не отрываются от материи. Ленин указывал, что одной из гносеологических причин кризиса является забвение материи математиками. «„Материя исчезает", остаются одни уравнения»[1],— говорит Ленин.

«Другая причина, породившая „физический" идеализм, это — принцип *релятивизма*, относительности нашего знания, принцип, который с особенной силой навязывается физикам в период крутой ломки старых теорий и который — *при незнании диалектики* — неминуемо ведет к идеализму.

Этот вопрос о соотношении релятивизма и диалектики едва ли не самый важный в объяснении теоретических злоключений махизма»[2]. В другом месте Ленин пишет: «Новая физика свихнулась в идеализм, главным образом, именно потому, что физики не знали диалектики. Они боролись с метафизическим (в энгельсовском, а не в позитивистском, т. е. юмистском, смысле этого слова) материализмом, с его односторонней „механичностью",— и при этом выплескивали из ванны вместе с водой и ребенка. Отрицая неизменность известных до тех пор элементов и свойств материи, они скатывались к отрицанию материи, то есть объективной реальности физического мира. Отрицая абсолютный характер важнейших и основных законов, они скатывались к отрицанию всякой объективной закономерности в природе, к объявлению закона природы простой условностью, „ограничением ожидания", „логической необходимостью" и т. п. Настаивая на приблизительном, относительном характере наших знаний, они скатывались к отрицанию независимого от познания объекта, приблизительно-верно, относительно-правильно отражаемого этим познанием. И т. д., и т. д. без конца»[3].

Этот разбор гносеологических корней идеализма имеет чрезвычайно важное значение для понимания того, почему прогресс науки сам по себе еще не исключает идеализма.

Возьмем, например, вопрос об относительности наших знаний, на котором споткнулись многие физики, не знающие диалектики. Защитники релятивизма говорят, что релятивизм не выдуман, что факты доказывают относительность наших знаний. Последнее, конечно, верно, но из относительности наших знаний не следует релятивизм. Диалектика, говорил Ленин, «*включает в себя* момент релятивизма, отрицания, скептицизма. но *не сводится* к релятивизму. Материалистическая диалек-

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 294.
[2] Там же, стр. 295.
[3] Там же, стр. 248—249.

тика Маркса и Энгельса безусловно включает в себя релятивизм, но не сводится к нему, т. е. признает относительность всех наших знаний не в смысле отрицания объективной истины, а в смысле исторической условности пределов приближения наших знаний к этой истине»[1].

Ленин указывал, при каких условиях тот или иной момент познания становится исходным пунктом идеализма. Нельзя *момент* познания преувеличивать до значения *основы* теории познания,— вот за что критикует Ленин Чернова и других русских махистов, повторявших вслед за Махом. Авенариусом и Петцольдтом, что они являются релятивистами. В этом и со стоит ошибка махистов. «Ибо положить релятивизм в основу теории познания,— писал Ленин, — значит неизбежно осудить себя либо на абсолютный скептицизм, агностицизм и софистику, либо на субъективизм. Релятивизм, как основа теории познания, есть не только признание относительности наших знаний, но и отрицание какой бы то ни было объективной, независимо от человечества существующей, мерки или модели, к которой приближается наше относительное познание»[2].

Ленин подчеркивал, что идеализм не беспочвенен, что он имеет свои гносеологические корни. В небольшой, но исключительно глубокой по своему содержанию заметке «К вопросу о диалектике» (1915—1916) Ленин поучительно и наглядно показывал процесс зарождения идеализма на «живом дереве, живого... объективного, абсолютного человеческого познания». Он писал: «Философский идеализм есть *только* чепуха с точки зрения материализма грубого, простого, метафизичного. Наоборот, с точки зрения *диалектического* материализма философский идеализм есть *одностороннее*, преувеличенное, überschwengliches [чрезмерное, беспредельное.— *Ред.*] (Dietzgen) развитие (раздувание, распухание) одной из черточек, сторон, граней познания в абсолют, *оторванный* от материи, от природы, обожествленный...

Познание человека не есть (respective не идет по) прямая линия, а кривая линия, бесконечно приближающаяся к ряду кругов, к спирали. Любой отрывок, обломок, кусочек этой кривой линии может быть превращен (односторонне превращен) в самостоятельную, целую, прямую линию, которая (если за деревьями не видеть леса) ведет тогда в болото, в поповщину (где ее *закрепляет* классовый интерес господствующих классов). Прямолинейность и односторонность, деревянность

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 124.
[2] Там же.

и окостенелость, субъективизм и субъективная слепота voilà [вот.— *Ред.*] гносеологические корни идеализма»[1].

Но гносеологические корни идеализма создают только *возможность* кризиса физики. Эта возможность не была бы реализована и не превратилась бы в действительность, если бы этому не содействовала социальная обстановка. Гносеологическая возможность преодоления абсолютного релятивизма в физике в момент возникновения кризиса имелась полная: к тому времени диалектический материализм был уже открыт и разработан в трудах Маркса и Энгельса. Почему эта возможность не реализовалась в ходе развития физики? Ленин показывает причины этого на примере физика А. Риги, который стихийно держится за реальность материального мира, стремится отгородиться от позитивистских тенденций, ищет и не находит выхода. «Если бы этот физик познакомился с *диалектическим* материализмом, его суждение об ошибке, противоположной старому метафизическому материализму, стало бы, может быть, исходным пунктом правильной философии. Но вся обстановка, в которой живут эти люди, отталкивает их от Маркса и Энгельса, бросает в объятия пошлой казенной философии»[2].

Ленин неоднократно возвращался к анализу влияния условий капиталистического общества на интеллигенцию, в частности на научную интеллигенцию, как в книге «Материализм и эмпириокритицизм», так и в других работах. В известной статье «О значении воинствующего материализма» Ленин писал в 1922 г. по поводу резкой оценки И. Дицгеном профессоров-философов, как «дипломированных лакеев поповщины»: «Достаточно сколько-нибудь вдуматься в государственную, затем общеэкономическую, затем бытовую и всяческую иную зависимость современных образованных людей от господствующей буржуазии, чтобы понять абсолютную правильность резкой характеристики Дицгена. Достаточно вспомнить громадное большинство модных философских направлений, которые так часто возникают в европейских странах, начиная, хотя бы, с тех, которые были связаны с открытием радия, и кончая теми, которые теперь стремятся уцепиться за Эйнштейна,—чтобы представить себе связь между классовыми интересами и классовой позицией буржуазии, поддержкой ею всяческих форм религий и идейным содержанием модных философских направлений»[3].

---

[1] В. И. Ленин. Философские тетради, 1947, стр. 330.
[2] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 250.
[3] В. И. Ленин. Соч., т. 33, стр. 202—203.

Подводя итог разоблачению сущности эмпириокритицизма, Ленин писал: «...За гносеологической схоластикой эмпириокритицизма нельзя не видеть борьбы партий в философии, борьбы, которая в последнем счете выражает тенденции и идеологию враждебных классов современного общества. Новейшая философия так же партийна, как и две тысячи лет тому назад»[1].

Всякая философия (а стало быть, любая теоретическая наука, из которой неизбежно делаются философские выводы) партийна — таков важнейший вывод из гениального труда Ленина. Этот вывод обязывает ученых, которые хотят защищать марксизм в своей науке, тщательно разбираться в философской трактовке и обосновании естественно-научных теорий.

Марксистов не должна вводить в заблуждение благонамеренность субъективных стремлений в области теории тех или иных ученых. Ленин учил, что существенны не субъективные стремления ученых, а *общественные тенденции* их теорий. Когда А. Луначарский в так называемых «Очерках по философии марксизма» заранее оговаривался: «Может быть, мы заблуждаемся, но мы ищем», Ленин сразу показал ничтожество этих оговорок, переведя обсуждение в плоскость оценок общественных тенденций: «Не *вы* ищете, а *вас ищут*, вот в чем беда! Не вы подходите с вашей, т. е. марксистской (ибо вы желаете быть марксистами), точки зрения к каждому повороту буржуазно-философской моды, а к вам подходит эта мода, вам навязывает она свои новые подделки во вкусе идеализма, сегодня à la Оствальд, завтра à la Мах, послезавтра à la Пуанкаре. Те глупенькие „теоретические“ ухищрения (с „энергетикой“, с „элементами“, „интроекцией“ и т. п.), которым вы наивно верите, остаются в пределах узенькой, миниатюрной школки, а идейная и *общественная тенденция* этих ухищрений улавливается сразу Уордами, неокритицистами, имманентами, Лопатиными, прагматистами и *служит свою службу*»[2].

В этом сопоставлении благонамеренных субъективных устремлений русских махистов, желающих быть марксистами, с *объективными тенденциями* их высказываний, которые улавливаются враждебными классами и партиями, Ленин *до предельности ясно обнажил сущность партийного подхода ко всякому идеологическому вопросу*.

Итак, Ленин отбил попытку современных идеалистов уцепиться за новые открытия физики, защитил философский материализм в новой обстановке кризиса в физике, начавшегося

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 343.
[2] Там же, стр. 328.

со времени вступления капитализма в империалистическую стадию развития. Ленин показал, что материалистическая теория познания есть инструмент научного исследования, при помощи которого разрешаются все гносеологические трудности, встающие перед современным естествознанием. Он развил философский материализм дальше, привел в стройную систему теорию отражения в сознании человека объективного материального мира. Вместе с тем Ленин доказал, что махизм является только новой замаскированной формой протаскивания в естествознание старого идеализма. В любой теоретической науке, явно или скрыто трактующей природу объекта познания и пути познания, нет никаких «средних» линий, в ней непременно имеет место борьба материализма с идеализмом. Следуя Ленину, материалисты должны в теоретической науке «уметь вести *свою* линию и бороться *со всей линией* враждебных нам сил и классов»[1].

* * *

Развитие физики в последующие сорок лет значительно обогатило представления о формах материи и ее движения.

Открытие взаимопревращений фотонов поля и пары электрон-позитрон окончательно подтвердило, что материя существует не только в форме вещества, но и поля, и что противоположность вещества и поля относительна.

Познание физической структуры материального мира ушло далеко вглубь. Физика уже изучает структуру атомных ядер и действующих в них полей. «Картина мира» действительно оказалась не электромагнитной, а гораздо более сложной, точнее, несводимой к одной «картине», на что в свое время указывал Ленин. Теперь физики начинают понимать всю справедливость и глубину утверждения Ленина о «неисчерпаемости» электрона. Оказалось невозможным построить такую последовательную физическую теорию, в которой «элементарные» частицы представляются в виде бесструктурных точек. Ныне физика уже знает многие свойства электрона (заряд, массу, спин, магнитный момент, ядерные квазизаряды и др.). Несомненно, она стоит на пороге открытий других многообразных свойств его[2]. Аналогично обстоит дело и с дру-

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 328.

[2] В последнее время в специальной печати появились сообщения об открытии изменения массы электрона в результате его взаимодействия с электромагнитным полем вакуума. См.: Я. А. Смородинский. Смещение термов водородоподобных атомов и аномальный магнитный момент электрона. «Успехи физ. наук», 1949, т. XXXIX, вып. 3, стр. 325.

гими, открытыми после выхода книги Ленина «элементарными» частицами. Теперь физикам становится все более ясным, что природа материи неисчерпаема, а наши физические теории суть только ступени познания ее, отражения объективного мира в сознании человека.

Прогнозы Ленина оправдываются и еще в одном отношении: современная физика рожает диалектический материализм весьма болезненно. Эти роды, кроме живого и жизнеспособного существа, «дают неизбежно некоторые мертвые продукты, кое-какие отбросы, подлежащие отправке в помещение для нечистот»[1].

Обострение идеологической борьбы в наши дни создает в капиталистических странах условия, при которых бурно произрастает чертополох идеализма в науке. Реакционному, враждебному всякой науке, идеализму противостоят прогрессивные ученые, поднявшиеся до сознательного принятия диалектического материализма; имеются такие ученые и среди физиков (Жолио-Кюри, Бернал, Блеккет, ныне уже покойный Ланжевен и др.). Неудержимо растут прогрессивные силы, которым приходится работать в атмосфере жесточайшей травли со стороны господствующего буржуазного общества.

Эмпириокритики различных оттенков за последние пятнадцать лет объединились в одно направление — логический эмпиризм[2]. К ним примкнули английские, а также немецкие логисты (Рессель, Уайтхед, Витгенштейн, Рейхенбах и пр.). Сорок лет назад Ленин, критикуя американский прагматизм, прозорливо отмечал, что «различия между махизмом и прагматизмом так же ничтожны и десятистепенны с точки зрения материализма, как различия между эмпириокритицизмом и эмпириомонизмом»[3]. Теперь сами прагматисты (Моррис, Файгль, Нагель и др.) заявляют о своей идейной связи с неомахистами и выступают с ними совместно в единой компании. В своей ненависти к прогрессивному материалистическому мировоззрению враги материализма сами признают несущественными небольшие оттеночки в своих взглядах. С 1935 г. логические эмпирики начали созывать регулярные «международные конгрессы по объединению науки», издают журнал, энциклопедию, множество книг по заранее разработанному плану. Логические эмпирики привлекают к своей деятельности по махистскому «обоснованию» естествознания видных зарубежных теоретиков

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 299.

[2] Они называли себя также и логическими позитивистами; указанное в тексте название было официально установлено на одном из международных конгрессов и встречается в официальных документах.

[3] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 327.

естествознания. На втором международном конгрессе логических эмпириков, специально посвященном вопросам причинности «в свете современной науки», одним из главных докладчиков был глава копенгагенской школы физиков Нильс Бор (конгресс происходил в Копенгагене). Нильс Бор входит также в состав Консультационного совета по изданию «International Encyclopaedia of Unified Science» — энциклопедии логического эмпиризма, выходящей ныне в США; в задачи этой энциклопедии входит — утвердить господство логического эмпиризма во всех науках.

Характерно, что многие неомахисты из среднеевропейских стран за последние годы нашли себе приют в американских университетах (Франк, Рейхенбах и др.). Это еще одна иллюстрация слов товарища Жданова о том, что центр борьбы против марксизма переместился ныне в Америку и Англию.

Нынешние идейные наследники Маха пытаются «осовременить» махизм, продолжают развивать идеалистическую теорию познания Маха на новом этапе развития физики[1]. В обстановке обострения политической и идеологической борьбы усиливаются реакционные тенденции буржуазных теоретических школ в физике. Как из рога изобилия на головы читателей сваливаются многочисленные «принципы современного физического знания»: концепция дополнительности, начало принципиальной наблюдаемости, операционализм, теория эквивалентных описаний, принцип каузальной аномальности и др.

Влиятельная копенгагенская школа зарубежных физиков, некоторые представители которой имеют крупные открытия, «обосновывает» теоретическую физику с позиции логического эмпиризма или позитивизма. В частности, пропагандируемая этой школой «концепция дополнительности» является прямым детищем позитивистских воззрений.

Ниже мы проследим, как копенгагенская школа физиков пытается «вывести» концепцию дополнительности из законов квантовой механики, а именно — из так называемого соотношения неопределенностей.

Известно, что квантовая механика изучает движения объектов нового типа — электронов, позитронов, нейтронов и аналогичных

[1] Ниже мы считаем существенным остановиться на критике только логического эмпиризма или близко связанных с ним направлений по той причине, что логический эмпиризм открыто выступает под идейным знаменем «обновленного» махизма, а также потому, что влияние на физиков замаскированного идеализма, сиречь логического эмпиризма, значительно больше, чем влияние прямолинейных идеалистов типа Эддингтона или Джинса.

«элементарных» микрочастиц. Особенность этих микрообъектов состоит в их противоречивой дискретно-волновой природе. Так, например, электрон действует как целое в столкновениях с другими микрообъектами и атомами и тем самым проявляет свойство дискретности, т. е. свойства частиц; вместе с тем он диффрагирует при прохождении сквозь кристаллическую решетку и тем самым проявляет волновые свойства; поток электронов, прошедший сквозь кристаллическую решетку, дает на фотопластинке характерную для волн диффракционную картину, из которой обычными способами можно вычислить длину так называемой де-бройлевской волны, характерной для данного сорта микрообъектов, обладающих данной энергией. Противоречивые дискретно-волновые свойства микрообъектов находят выражение в связи энергии микрообъектов ε с длиной де-бройлевской волны λ или частотой ν, а также в связи его импульса p с той же длиной волны.

Эта связь имеет вид:

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{hc}{\lambda} = h\nu \\ p &= \frac{h}{\lambda}, \end{aligned}\right\} \tag{1}$$

где h — планковская постоянная, равная $6{\cdot}6{\cdot}10^{-27}$ *эрг. сек.* Микрообъект передает энергию и импульс как целое, а величина его энергии и импульса определяется де-бройлевской длиной волны, т. е. волновыми свойствами микрообъекта.

Исследования законов движения микрообъектов привели к выводу, что эти движения управляются особыми волновыми функциями, зависящими от импульсов p и координат q. Эти величины в микрообъекте связаны иначе, чем в макромеханике. Так, оказывается, что они не проявляются в микрообъекте одновременно с абсолютной определенностью: чем определеннее область, в которой локализуется микрообъект (чем меньше «неопределенность Δq»), тем более неопределенным становится его импульс (тем больше «неопределенность Δq»), и наоборот. Эта связь формулируется в так называемом соотношении неопределенностей, имеющем вид

$$\Delta p \cdot \Delta q \geqslant h. \tag{2}$$

Соотношение неопределенностей выявляет тот факт, что абсолютно свободный микрообъект обладает определенной волной, но область его локализации, вследствие монохроматичности волны

такого микрообъекта, в пределе равна бесконечности. Этот случай является абстракцией: практически микрообъект всегда так или иначе связан. Чем сильнее эта связь, тем определеннее область локализации микрообъекта. Но сам он вследствие усиления связи все более теряет свою индивидуальность, становится частью общей системы, ввиду чего его импульс становится неопределенным [1]. Таким образом, движение микрообъекта существенно связано с его преобразованием. Соотношение неопределенностей является прямым следствием дискретно-волновой природы микрообъектов, т. е. объективным свойством определенных видов материи. Никаких неопределенностей в познание оно не вносит, напротив, оно обогащает наше познание природы.

Копенгагенская школа физиков не смогла осмыслить диалектики противоречивых дискретно-волновых свойств микрообъектов. Мы даже не в состоянии представить себе подобные физические реальности, утверждают физики-позитивисты, ибо природа нашего познания макроскопична, наше ощущение воспринимает только макромир, наши понятия в силу тех же причин суть только макропонятия, не могущие охватить новых явлений.

Будучи, однако, вынужденными «оперировать» с новыми явлениями, не зная и не желая знать материалистической диалектики отражения их в новых понятиях, копенгагенская школа пошла по излюбленному позитивистами пути: она отнесла противоречивые свойства не к объективному миру, а к особенностям нашего познания, особенностям самой процедуры измерения.

В этих целях копенгагенская школа физиков ложно, в позитивистском духе истолковала соотношение неопределенностей. Именно на нем, разумеется совершенно необоснованно, она построила «концепцию дополнительности» — целую систему взглядов, теорию познания позитивистского толка.

[1] Из сказанного следует неправильность утверждения, будто соотношение неопределенностей *«ничего* не говорит о сущности квантовой механики» (В. А. Фок. «Успехи физ. наук», т. XLV, вып. I, стр. 13). Неверно также определять соотношение неопределенностей как «принцип ограниченной применимости классических моделей» (акад. В. А. Фок. Основные законы физики в свете диалектического материализма. «Вестник ЛГУ», 1949, № 4, стр. 40). В этом определении как раз и не раскрыт тот факт, что это соотношение выражает объективные особенности движения микрообъектов, имеющих противоречивую дискретно-волновую природу, а, напротив, подчеркиваются особенности *процесса познания* их, что видно уже из предлагаемого нового названия. Соотношение неопределенностей не есть также «основной закон физики в свете диалектического материализма» (тем более в его гносеологическом истолковании), и ставить его в один ряд с принципом сохранения и превращения энергии неправильно, поскольку он не имеет всеобщего характера.

Бор формулирует существо «концепции дополнительности» следующим образом: экспериментальные установки и процессы измерения, которыми мы оперируем, по своей природе принадлежат к двум взаимоисключающим друг друга классам: «одни допускают однозначное применение понятия пространственной локализации, другие — законное применение теоремы о сохранении количества движения»; в силу этого «с каждой постановкой опыта связан отказ от одной из двух сторон описания физических явлений»[1].

Таким образом, пространственно-временна́я характеристика микроявлений и их импульсно-энергетическая характеристика являются, по Бору, взаимоисключающими и как бы дополняющими друг друга (но в разных опытах!); отсюда и название концепции.

Приведенная выше формулировка сущности дополнительности есть отказ от рассмотрения объективных свойств микрообъектов и разрешения трудностей их познания путем субъективирования объективных процессов, утверждения, что наши знания относятся лишь к анализу показаний приборов, макроскопических восприятий. Именно здесь копенгагенская школа сползает в идеализм и открывает целую серию идеалистических выводов, о которых речь пойдет ниже. Мы видим, что «принцип дополнительности» есть *метод разрешения трудностей познания противоречивых свойств микрообъектов на идеалистическом пути* и вовсе не тождественен физическому соотношению неопределенностей (2) и не вытекает из него. Об отождествлении соотношения неопределенностей и концепции дополнительности авторы и защитники этой концепции говорят лишь постольку, поскольку нужно убедить, будто эту концепцию следует принять с такой же необходимостью, как и физический закон. По существу же в форме концепции дополнительности протаскивают идеалистическую систему взглядов на предмет и метод познания, которая в соотношении неопределенностей при правильной его трактовке не заключается.

II. Бор не дает анализа того, какие особенности обнаруживает материальный объект познания с переходом физики к изучению микромира, не показывает, как при этом расширилось наше познание, какая мощная современная техника развилась на его основе. Изумительный прогресс познания в атомной физике остался в тени, а концепция дополнительности заслонила для копенгагенской школы весь мир. Агностицизм этой концепции

---

[1] Н. Бор. Квантовый постулат и новое развитие атомистики. 1928, «Успехи физ. наук», т. VII, вып. 3, стр. 308.

проглядывает уже в исходной формулировке, именно он возводится копенгагенской школой в философский символ веры. Агностическая мерка концепции дополнительности отныне применяется ею ко всем проблемам «физического познания».

Прежде всего агностицизм коснулся причинной связи явлений в микромире: копенгагенская школа отрицает наличие объективной причинности в микропроцессах. Посмотрим, как это отрицание связано с концепцией дополнительности, с метафизически-идеалистическим мышлением представителей этой школы.

Известно, что причинность есть выражение необходимой связи одного состояния объекта с другим, осуществляемой при определенных условиях. Именно потому, что связь эта необходима, возможно познание природы, на этом основаны вся наука, промышленность, сознательное изменение природы человеком. Материя существует не иначе, как будучи необходимо взаимосвязана во всех своих частях и состояниях (в пространстве и во времени). Таково положение марксизма о причинности.

Многие физики связывали и связывают представление о причинности с образом механического перемещения макротел. В механике макротел состояние движения тела однозначно определяется значением импульса тела (p) и соответствующими значениями его координат (q), а именно, координат центра тяжести тела. Движение тела не рассматривается как изменение связей тела с другими телами через поле. Перемещаясь, тело остается неизменным, оно не преобразуется в процессе движения, продолжает оставаться относительно не связанным с другими телами, точнее, связанным через действие внешних сил, закон действия которых наперед задан и неизменен; эти силы в первом приближении не преобразуют тело. В силу этого импульс тела и его координаты в каждый момент движения вполне определенны; их абсолютное значение зависит от начальных условий и заданного закона действия сил. При этих условиях переход от одного состояния к другому в процессе движения можно охарактеризовать как переход от одной пары значений p и q к другой паре значений p и q.

Но квантовая механика, как сказано, обнаруживает при движении микрообъектов соотношение неопределенностей $\Delta p \cdot \Delta q \geqslant h$. По существу это означает, что движение микрообъекта характеризуется не траекторией, в каждой точке которой частица оставалась бы неизменной, самостоятельной и имела бы определенный импульс, а более сложным процессом преобразования, который нарушает прежнюю характерную для макрообъектов взаимную определенность соответствующих пар значений импульса и координат. Состояние движения микрочастицы характе-

ризуется не соответствующими парами значений p и q в данный момент времени, а более сложным образом — волновой функцией, зависящей от p и q. Означает ли это, что в микропроцессах уже нет более объективного закона необходимой связи состояний друг с другом? Нет, не означает: необходимая взаимосвязь состояний существует и в микропроцессах. Но состояния здесь уже не характеризуются парами точных значений p и q. Последнее определяется природой микрообъектов.

Однако копенгагенская школа не рассматривает вопрос о том, как изменилась природа объекта при переходе к механике микромира, как изменился в силу этого характер движения микрообъектов, а тем самым, как реализуется в этом движении связь состояний нового типа. Метафизически связав принцип причинности с процедурой измерения p и q в классической механике и установив, что эта процедура в микропроцессах неприменима в силу соотношения неопределенностей, копенгагенская школа физиков заявила о крушении принципа причинности.

Так провозглашением концепции дополнительности начался поход против пространственно-временно́й формы существования материального мира, против причинности как объективной закономерности природы. Они низведены до значения «взаимоисключающих дополнительных сторон» в... «*описании*» человеком физических явлений, т. е. до значения субъективных категорий.

Мы видим в формулировках Бора, что копенгагенская школа определяет в качестве исходного пункта познания не *объект* и его свойства, а *процедуру измерения* и «взаимоисключающие классы» приборов. Отсюда делается следующий вывод: то, что мы воспринимаем в экспериментальной установке, зависит от класса этой установки; следовательно, *прибор создает объект познания* — «физическую реальность».

Эти взгляды — махровый махизм (позитивизм), позиции которого сознательно защищает копенгагенская школа. «Позитивизм учит нас взгляду, что истинная физическая реальность только в совокупности экспериментальных результатов»,— заявляет Иордан[1]. Наблюдаемы только результаты экспериментальных измерений в классических приборах; теория имеет задачу связать эти результаты между собой; суждения о материальных объектах, существующих независимо от измерений и проявляющих свои свойства в процессе измерения, суть суждения о ненаблюдаемом, доказать существование которого

---

[1] P. Jordan. Physics of the 20-th Century. Philosophical Library. New York, 1944, стр. 124.

невозможно,— такова позиция позитивизма или логического эмпиризма в физике. Эта позитивистская позиция выражена в утверждении Бора, что «невозможно приписать самостоятельную физическую реальность в обычном смысле как феномену, так и средству наблюдения»[1]. Об этом же пишет и Франк: «Строго говоря, частица сама по себе, без описания всей экспериментальной установки, не является физической реальностью. Но «частица, проходящая диафрагму в определенной точке», является описанием физической реальности, «частица, сообщающая диафрагме определенный импульс», также является описанием физической реальности»[2].

В этих высказываниях копенгагенской школы о физической реальности речь идет отнюдь не о том, как наивно думают некоторые физики, что прибор в процессе взаимодействия влияет на состояние физической реальности, которая существует независимо от него и от восприятия человека; показания экспериментальной установки — это и есть «физическая реальность» согласно взглядам копенгагенской школы. Франк разъясняет достаточно отчетливо, что́ именно он понимает под физической реальностью; он говорит, что никому, конечно, нельзя помешать «придерживаться ньютоновской концепции физической реальности (Ф. Франк отождествляет ньютоновскую концепцию с материализмом вообще.— *С. С.*) и рассматривать „принцип дополнительности“ Бора как временное состояние науки. Но с тем же основанием можно допустить и другой способ описания мира, в котором „положение частицы“ не может быть применено без описания инструмента, при помощи которого это положение измеряется. Если это описание „простое и практичное“, мы можем с таким же основанием приписывать „физическую реальность“ объектам нашей новой механики *при условии, что мы обозначаем „реальность“ в операциональном, а не метафизическом смысле*»[3]. А Франк в своих статьях неоднократно разъяснял, что «метафизическое понимание реальности» означает «материалистическое понимание реальности», независимой от восприятия, а «операциональный смысл какого-либо предмета» означает «определяемость предмета какой-либо измерительной операцией». Но чтобы не оставить никаких сомнений в понимании им смысла термина «физическая

---

[1] Н. Бор. Квантовый постулат..., стр. 307.

[2] International Encyclopaedia of Unified Science, vol. I, N. 7; Ph. Frank. Foundations of Physics. University of Chicago Press, стр. 48.

[3] Ph. Frank. Foundations of Physics, стр. 53.

реальность», Франк ставит все точки над «i», он пишет: «„Электрон“, проходящий диафрагму, не должен называться „наблюдаемым объектом“, если мы хотим избежать двусмысленностей. *„Электрон“ есть совокупность физических величин, вводимая нами для установления системы принципов, из которых мы можем логически вывести показания стрелки измерительного прибора*. Если мы называем эти приборы „физическими объектами“, то „электроны“ или „фотоны“ могут быть названы так только в силу известного изменения в значении термина „физический объект“. Но мы никогда не должны забывать, что *нет никакого смысла в вопросе о том, какова „реальность“ физического объекта*»[1].

Иордан пишет в том же духе: «Атом есть только каркас для классификации экспериментальных фактов»[2].

Подобные же формулировки можно встретить и у других представителей копенгагенской школы; по сути дела все они исходят из одной и той же позиции, принимают одно и то же идеалистическое толкование реальности. В этом вопросе можно провести полную аналогию между позицией представителей копенгагенской школы физиков в середине XX в. и позицией Маха, Авенариуса, Пирсона в начале этого века. То же заигрывание с понятием реальности, та же субъективистская трактовка этого понятия. Именно против подобной «концепции» махистов Ленин направил уничтожающий ее довод: если объективная реальность не дана нам в ощущениях, то, утверждая это, вы неизбежно скатываетесь в субъективизм и агностицизм, «если дана, то нужно философское понятие для этой объективной реальности, и это понятие давно, очень давно выработано, это понятие и есть *материя*»[3].

Концепция дополнительности кладется копенгагенской школой в основу всей квантовой механики и представляется ею как выражение сущности квантовой механики. Предлагалось даже «по аналогии с термином „теория относительности“... назвать современную квантовую теорию „теорией дополнительности“»[4].

Копенгагенская школа физиков стремится превратить «концепцию дополнительности» в некую всеобщую теорию познания, которая якобы разрешает трудности в развитии современной

---

[1] Там же, стр. 54.
[2] P. Jordan. Physics of the 20-th Century, стр. 54.
[3] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 117.
[4] В. Паули. Общие принципы волновой механики. Гостехиздат, 1947, стр. 17.

физики. Выше было сказано, что современная физика обнаруживает противоречивую (дискретно-непрерывную) природу микрообъектов. Эту противоречивую природу их невозможно представить наглядно при помощи каких-либо механических моделей. Ее можно только понять из совокупности всех экспериментальных фактов, охватываемых единой теорией, в которой и отражены противоречивые тенденции природы. Однако позитивист не признает теории как отображения объективного мира, существование которого не зависимо от восприятия человека. Для копенгагенской школы физиков теория — это лишь подсобный аппарат, который помогает предсказывать результаты измерений. Поэтому она не признает объективных противоречивых тенденций в природе. Франк откровенно воюет против признания, что в природе существуют микрообъекты, обладающие противоречивыми свойствами: «Другие считают, что новая механика вводит физический объект, который является и частицей и волной. Одни авторы говорят о нем, как „о частице *и/или* волне", а некоторые, чтобы обозначить этот гибридный объект, даже измышляют новые слова, вроде „волницы" (wavicle). На самом деле такого объекта, похожего на кентавра, который был получеловеком и полулошадью, не существует в новой механике. Существуют лишь одни экспериментальные установки, которые могут быть описаны при помощи термина „положение частицы", и другие установки, которые могут быть описаны при помощи терминов „момент" или „длина волны". Все недоразумения происходят из-за того, что рассуждают об объекте, вместо того чтобы говорить о способе употребления некоторых слов»[1].

Мы снова видим, что физическая реальность в концепции этой школы сведена к показаниям «экспериментальных установок». А здесь трудности представления противоречивых тенденций разрешаются, по мнению представителей копенгагенской школы, концепцией дополнительности. «Просветительная сила этой идеи,— пишет Иордан,— состоит в разрешении казавшейся неразрешимой загадки и противоречия, которое ясно демонстрируется в знаменитой проблеме дуалистической природы света. Свойства света, связанные с его волновой природой, с одной стороны, и свойства, связанные с его корпускулярной природой— с другой, являются «дополнительными» по отношению друг к другу в том смысле, что они никогда не могут проявиться в одном и том же эксперименте в одно и то же время (и, следовательно, встать в активное прямое противоречие)...

---

[1] Ph. Frank. Foundations of Physics, стр. 55.

В силу этого удивительного механизма дополнительности природа объединяет в один и тот же физический объект свойства и закономерности, которые противоречат друг другу, так что *они никогда не могут существовать непосредственно в одно и то же время*»[1].

Мы видим здесь новое толкование, что концепция дополнительности, будто бы призвана разрешить загадку противоречивого развития природы путем... подмены материального объекта показаниями приборов, в которых противоречия уже никогда не встретятся! Именно это изгнание из микроприроды противоречивых тенденций развития и позволяет, по мнению копенгагенской школы и, в частности, Бора, использовать в микрофизике понятия старой физики, в одном эксперименте — одни, в другом — им противоположные.

Это, конечно, неверно, будто мы встречаем противоречивые стороны только в уравнениях и в разновременных показаниях приборов взаимно дополнительных классов, а физические объекты сами по себе будто бы непротиворечивы.

С. И. Вавилов справедливо указывал: «Весьма распространено мнение, что в опытах одного типа (например, в опыте с кольцами Ньютона) свет полностью ведет себя, как волновое движение, а в опытах другого типа (например, выцветание окрашенной ткани) свет целиком проявляет себя, как поток частиц. Это, однако, ошибочно. Если опыт Ньютона производить с чрезвычайно слабым светом, то при некоторых условиях есть возможность наблюдать статистические беспорядочные колебания яркости светлых колец, свидетельствующие о том, что энергия света и в этом типично волновом явлении сосредоточена в отдельных центрах фотона. С другой стороны, если освещать окрашенную ткань через узкие отверстия, то при выцветании обнаруживаются диффракционные явления»[2]. Единство противоречивых свойств природы, как мы увидим ниже, вынужден был признать и де-Бройль.

Но противоречивые тенденции — закон развития всей природы и общества. Поэтому те, кто боится признания объективности этого закона, крайне озабочены тем, чтобы внушить ученым, что концепция дополнительности есть универсальный «ключ» к «разгадке противоречий», общий метод изгнания противоречий из природы, из всех наук. Так, Иордан пишет: «Эта идея дополнительности может рассматриваться как наиболее

---

[1] Ph. Jordan. Foundations of Physics, стр. 131—132.

[2] С. И. Вавилов. Глаз и Солнце. Изд-во АН СССР, 1950, стр. 43—44.

важный результат для философии, который выкристаллизовался из современной физики, он представляет абсолютно новый научный метод мышления, который фундаментально отличается от классического научного мышления. Вслед за умственным постижением в понимании атомных физических явлений, совершенно недоступных предшествующим методам представлений и ставших возможным благодаря ему, кажется оправданной вера в то, что он может в дальнейшем приобрести *эпохальное значение* (!! — *С. С.*) в других областях естественных наук»[1].

Эта трактовка концепции дополнительности неминуемо привела копенгагенскую школу к попыткам распространить ее далеко за пределы квантовой механики и вообще физики — на биологию, психологию, социологию.

Прежде чем перейти к анализу этих тенденций, дадим итоговую оценку роли концепции дополнительности в физике.

Выше мы говорили о том, что некоторые представители копенгагенской школы считают название «теории дополнительности» более подходящим для квантовой механики, так как оно, по их мнению, лучше выражает суть квантовой механики. Эта замена названия, как известно, не реализовалась. Но мы видели, что копенгагенская школа действительно строит квантовую механику как «теорию дополнительности». Тем самым концепция дополнительности принесла физике огромный вред, ибо надолго увлекла физиков на ложный путь. Она направила внимание теоретиков не на раскрытие новых, подлинных свойств микрообъектов, характера их взаимосвязи, их преобразований в процессе движения, не на дальнейшее развитие математического аппарата, адэкватно отображающего противоречивые свойства, а на устранение трудностей представления микрообъектов методом классификации приборов, на субъективирование предмета физики. Положительные открытия физика сделала не благодаря, а вопреки концепции дополнительности; последняя не поставила и не могла поставить никаких задач перед физикой.

Ввиду этого нужно со всей силой подчеркнуть, что отказ от концепции дополнительности означает для физика отказ от определенного, присущего копенгагенской школе, изложения квантовой механики — оценки природы микрообъектов, сущности квантовых законов и т. д., а вовсе не отказ только от *терминологии*. Плохо, когда из критики дополнительности делается упрощенный вывод: «дополнительность» как термин изгоняется

[1] P. Jordan. Foundations of Physics, стр. 131.

и даже критикуется, а изложение основ квантовой механики сохраняет *дух* концепции дополнительности [1].

Попытки копенгагенской школы распространить концепцию дополнительности на другие науки, с точки зрения этой школы вполне логичны, поскольку концепция дополнительности с самого начала рассматривается ею как «новая» теория познания.

Эти попытки, как мы могли убедиться из сказанного, неоднократно предпринимались и раньше, однако они не были достаточно организованы; отдельные высказывания в этом духе, связанные непосредственно с вопросами физики, были все же вне поля зрения широких кругов ученых — не физиков.

В последние годы копенгагенская школа решила акцентировать внимание на общем философском значении «открытой» ею «концепции дополнительности». Для этого был использован новый реакционный журнал «Dialectica», издающийся с 1947 г. в Швейцарии как «интернациональное обозрение философии познания»[2].

Один из первых номеров этого журнала целиком посвящен «новой» теории познания, сиречь концепции дополнительности. Специально данный номер редактировался известным физиком Вольфгангом Паули, а участвуют в нем, кроме Паули, и другие вожди копенгагенской школы — Н. Бор, Л. де-Бройль, В. Гейзенберг, А. Эйнштейн[3], вкупе с профессиональными философами-

[1] В этом смысле многие наши учебники и курсы по квантовой механике (и в первую очередь известное руководство Л. Ландау и Е. Лифшица) ждут еще глубокой критики; даже лучшие из них (например, «Основы квантовой механики» Д. И. Блохинцева) нуждаются в серьезном улучшении.

В этой же связи следует отметить, что даже последние высказывания в печати В. А. Фока о принципе дополнительности (см. В. А. Фок. Критика взглядов Бора на квантовую механику. «УФН», т. XLV, вып. 1, стр. 13) заставляют думать, что ныне, как и ранее, он отождествляет этот принцип с физическим соотношением неопределенностей и если и отказывается от *термина*, то только из-за попытки Бора расширить принцип дополнительности на другие науки. Мы надеемся, что в дальнейшем В. А. Фок правильно оценит реакционную роль концепции дополнительности *в самой физике*. Ибо к этому приводит последовательный вывод из положения, высказанного самим же В. А. Фоком: «именно путем неправильного толкования физических фактов зарубежные физики-идеалисты и пытаются обосновать свою философию» (там же).

[2] Этот журнал — международное предприятие; в состав его редакции входят нынешние эмпириокритики из США, Англии, Франции, Западной Германии и других западных стран; статьи печатаются на английском, французском или немецком языке (языке оригинала), с резюме на трех языках.

[3] А. Эйнштейн, как известно, занимает в оценке квантовой механики (но не проблем познания!) отличную от Н. Бора позицию, выраженную им

эмпириокритиками, избравшими своей специальностью эксплуатацию физики,—Г. Рейхенбахом, г-ном и г-жой Детуш и Гонзетом.

Уже в издательском предисловии к данному специальному выпуску редактор В. Паули, оправдывая посвящение всего выпуска *философского* журнала концепции дополнительности, родившейся в *физике*, пишет: «*Теоретико-познавательное значение понятия дополнительности*, впервые ясно примененное Бором, однако, *далеко выходит за пределы специальной науки*. Мы рады начать эту серию статей статьей Бора, который выражает побуждающим образом отношение большинства физиков, активно работающих в области современной квантовой теории, к основам этой дисциплины»[1].

Что же о концепции дополнительности сказал Н. Бор? В статье «О понятиях причинности и дополнительности» Н. Бор пишет: «Теоретико-познавательный урок, который мы получили из нового развития физической науки, где проблемы допускают сравнительно сжатую формулировку принципов, могут также подсказать линии подхода в других областях знания, где ситуация менее доступного характера. Примером является биология, в которой механистические и виталистические аргументы применяются в типичной манере идеи дополнительности. И в социологии такая диалектика часто может быть полезной, особенно в проблемах, ставящих нас перед изучением и сравнением человеческих культур, где мы должны считаться с элементом самодовольства, присущего каждой национальной культуре и проявляющегося в предрассудках, которые, очевидно, не могут быть приемлемы с точки зрения других наций. Признание соотношения дополнительности не менее требуется в психологии, в которой условия для анализа и синтеза опыта показывают разительную аналогию с ситуацией в атомной физике. В самом деле, употребление таких слов, как «мысли» и «чувства», одинаково необходимо, чтобы иллюстрировать разнообразие физического опыта, имеющего отношение ко взаимно исключающим ситуациям, характеризуемым различным проведением линии разделения между субъектом и объектом. В частности ...ситуации, в которых мы ощущаем свободу воли, несовместимы с психологическими ситуациями, в которых резонно предпринимается каузальный анализ»[2].

еще в 1936 г. (см. «Успехи физ. наук», т. XVI) и повторенную в данном номере «Dialectica» почти без изменения.

[1] W. Pauli. Editorial, «Dialectica», 1948, 7/8.

[2] N. Bohr. On the Notions Causality and Complementarity. «Dialectica», 1948, 7/8. стр. 317—318.

За десять лет до этого Ф. Франк, прямо называвший себя идейным наследником Маха, писал в том же духе: «Суждения о том, что человеческие действия причинно определены и что воля может решать свободно, суть два дополнительных описания человеческих действий. Но они приложимы к двум совершенно различным экспериментальным ситуациям, которые исключают друг друга» [1].

Последний пример со свободой воли и необходимостью наглядно показывает взаимоисключающий характер понимания диалектического единства противоположностей марксизмом и трактовкой противоположностей по методу дополнительности. Позитивистов Бора и Франка их концепция дополнительности приводит к пустой софистике, к взаимоисключению понятий свободы воли и необходимости (так же как вела она к взаимоисключению противоречивых сторон в микрообъектах). Марксизм познает их в единстве, открывает, что свобода воли есть познанная необходимость, «способность принимать решения со знанием дела» [2]. Позитивистская концепция дополнительности не ведет науку вперед, а тормозит ее. Марксизм, напротив, ведет науку вперед, ибо устанавливает, что «не в воображаемой независимости от законов природы заключается свобода, а в познании этих законов и в основанной на этом знании возможности планомерно заставлять законы природы действовать для определенных целей» [3].

Но столь же невозможно метафизически разделить противоречивые тенденции в объектах микрофизики. Мы сошлемся при этом на свидетельство де-Бройля. В статье «О дополнительности идей индивидуума и системы», опубликованной в том же номере журнала «Dialectica», де-Бройль указывает, что при образовании физической системы из компонентов последние теряют свою индивидуальность в пользу высшего единства системы, благодаря чему и образуется новое качество — «система». К этому факту де-Бройль сейчас же стремится применить пресловутую концепцию дополнительности. «Ясно чувствуется,— пишет де-Бройль,— что мы здесь имеем некий компромисс между идеей частицы, изолированной единицы, наделенной индивидуальностью, и идеей системы, поглощающей в высшем единстве индивидуальность своих компонентов. Таким образом мы приходим к предположению о существовании отношения

---

[1] Ph. Frank. Interpretations and Misinterpretations of Modern Physics. Paris, 1938, стр. 23.

[2] Ф. Энгельс. Анти-Дюринг, 1950, стр. 107.

[3] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 175.

дополнительности между этими двумя противоположными образами»[1].

В указанной статье де-Бройль правильно подметил, что квантовая механика делает шаг к разрешению проблемы образования систем с новым качеством, не сводящимся к качеству компонентов; познание этого есть движение науки вперед. Но де-Бройль пришел к этому выводу не через идею дополнительности, а благодаря конкретному анализу сущности квантовой механики. Более того, выводы де-бройлевского анализа противоречат концепции дополнительности, с которой всегда связано познание одной стороны объекта исследования и *отказ от познания другой* ввиду ее исключения измерительными приборами. С подобным применением концепции дополнительности, как и следовало ожидать, согласны не все ее сторонники. Так, В. Паули в редакционном вступлении к указанному циклу статей, посвященных концепции дополнительности, специально оговорил, что де-бройлевская идея о дополнительности компонентов и системы неправильна[2].

Позитивисты применяют концепцию дополнительности к системам, но совсем в ином плане, чем это так «неосторожно» пытался сделать де-Бройль; они рассуждают: система и ее компоненты взаимно дополнительны; дополнительность выражается в том, что либо вы имеете дело с системой, но не можете изучать ее компоненты, либо вы получаете возможность изучать ее компоненты, но за счет потери системы; в самом деле, изучение (измерение) компонентов разрушает систему.

Ну, конечно, разрушает! Если вы хотите изучать свойства *компонентов*, вам *необходимо* выделить их из системы. Но когда компоненты выделены, системы уже нет, ибо свойства системы не сводятся к сумме свойств ее компонентов, свойства целого отличаются от свойств компонентов, это давнее положение марксизма[3].

Если бы позитивисты хотели высказать только эту истину, то она была бы не нова, и в концепции дополнительности не было бы никакой нужды. Но концепция дополнительности призвана здесь играть другую роль. В самом деле, когда марксисты говорят, что свойства целого отличаются от свойств частей, из которых состоит целое, они хотят предостеречь от метафизического понимания целого как чисто количественной суммы частей, хотят подчеркнуть момент развития, возникновения но-

---

[1] L. de Broglie. Sur la complémentarité des idées d'individu et de système. «Dialectica», 1948, 7/8, стр. 328.

[2] См. W. Pauli. Editorial, «Dialectica», 1948, 7/8.

[3] «Части лишь у трупа»,— писал Энгельс в заметках по диалектике природы. Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1950, стр. 168.

вого качества при образовании системы; и это подчеркивание весьма существенно, так как метафизически мыслящие естествоиспытатели не видели этого перехода к новому качеству, а физики не могли решить проблему возникновения системы из компонентов вплоть до квантовой механики. Однако марксисты не находят в этой проблеме никаких неразрешимых загадок для познания, так как *видят* пути познания и целого (системы) и компонентов. Позитивисты же ссылаются на концепцию дополнительности с целью противопоставить систему компонентам и подчеркнуть *невозможность* изучения системы. Они; *не видят* других путей познания системы, *кроме* изучения (выделения) ее компонентов, кроме ее *разрушения*. «Система и компоненты взаимно дополнительны» — это на языке позитивистов означает: вы хотите изучать систему? Но природа так устроена, что *самим фактом изучения* системы вы ее разрушаете. Синюю птицу никогда поймать не удастся: она чернеет, как только вы ее поймали. Агностический смысл концепции дополнительности очевиден.

Приведем соответствующие примеры, которые одновременно свидетельствуют и о попытке позитивистов распространить концепцию дополнительности на биологию.

Рассуждая о том, будто бы жизненные процессы организма и его физическое изучение находятся в соотношении дополнительности, Ф. Франк пишет: «Чтобы описать живой организм физически точным способом, нужно испытать состояние каждого атома... Живой организм, думает Бор, будет убит при гораздо более слабых операциях, чем операции, необходимые для того, чтобы наблюдать состояние электрона. Поэтому живой организм не может быть физически описан даже с такой точностью, как атомы неорганического вещества, в которых положение и скорость могут быть установлены, конечно, не точно, но в конце концов в пределах, данных соотношением неопределенности Гейзенберга»[1].

Однако на каком основании в середине XX в. пропагандируется вульгарное представление о жизненном процессе, как о механической сумме движений отдельных электронов или атомов? Уже свыше 70 лет назад марксизм определил жизнь как закономерность *органической* материи; Энгельс писал: «*Жизнь есть способ существования белковых тел*, и этот способ существования состоит по своему существу в постоянном самообновлении химических составных частей этих тел»[2]. Дальнейшее развитие

---

[1] Ph. Frank. Interpretations and Misinterpretations..., стр. 24.
[2] Ф. Энгельс. Анти-Дюринг, 1950, стр. 77.

биологии подтвердило положение Энгельса. Биология всегда изучала общие закономерности, характеризующие целостный организм, а не движение составляющих его атомов.

П. Иордан отличается от Ф. Франка только тем, что больше вуалирует свою позицию; он пишет, что жизненные функции лишь *контролируются* явлениями физического характера: «...Есть основание предполагать, что „конечные" контролирующие зависимости абсолютно атомистически-физического порядка... Так, исследование наследственности, которое обнаруживает, что индивидуальные организмы построены мозаично (!? — *С. С.*) из их наследственных факторов, выявило в качестве совершенно общей закономерности элементарную прерывность в изменении наследственных факторов. Ясно, что здесь мы тоже соприкасаемся с атомной и квантовой физической прерывностью элементарных событий. Если правильно предположение, что контролирующие реакции организмов атомистически-физического характера, то очевидно, согласно нашим современным знаниям, что жизненные реакции обладают элементом фундаментальной невычисляемости и непредсказуемости»[1].

Итак, по Иордану, жизненные явления в конечном счете (через контролирующий механизм) сводятся к квантовым законам движения микрочастиц и через это становятся невычисляемыми и непредсказуемыми! Во всех случаях агностическая сущность концепции дополнительности выпирает наружу. В приведенных рассуждениях Иордана, как и в претенциозной книжке его единомышленника Шредингера «Что такое жизнь?», мы видим смыкание позитивистской копенгагенской школы физиков с реакционным направлением вейсманистов-морганистов в биологии.

Так позитивисты запутывают проблему, касающуюся соотношения системы и ее компонентов, целого и составных частей,— эту важнейшую проблему современного естествознания. Концепция дополнительности оказалась бесплодной в ее решении.

Концепция дополнительности имеет и еще одну реакционную сторону, особенно явную в применении к явлениям общественным. Как известно, марксистский диалектический метод не просто констатирует наличие противоположных тенденций, а устанавливает, «что борьба этих противоположностей, борьба между старым и новым, между отмирающим и нарождающимся, между отживающим и развивающимся, составляет внутреннее содержание процесса развития...»[2].

---

[1] P. Jordan. Foundations of Physics, стр. 152.
[2] «История ВКП(б). Краткий курс», стр. 104.

В ходе этой борьбы побеждает новое, развивающееся; в результате победы нового над старым данные противоречия находят свое разрешение. Так, классовая борьба разрешается в результате победы рабочего класса над классами эксплуататоров, и эта победа приводит к новому обществу, к коммунизму.

Но концепция дополнительности лишь *констатирует* наличие взаимоисключающих противоречивых сторон («во взаимно исключающих друг друга экспериментах»!). Эти «дополнительные» стороны не суть те диалектические противоречия, борьба которых ведет к развитию и которые разрешаются в ходе борьбы. Игнорирование в объекте его движущей силы — развития, борьбы нового со старым, неодолимости нового — таков объективно-реакционный смысл концепции дополнительности и в теории и в практике.

Этот реакционный смысл концепции особенно наглядно виден в утверждении Бора, что национальные культуры народов развиваются «в типичной манере идеи дополнительности» (см. цитату на стр. 140). По существу его утверждение означает, что национальная форма развития культуры народов исключает возможность единства народов, что это — вечный закон развития общества. Идея дополнительности, примененная к национальному вопросу, означает: либо возможны многие культуры, национальные по форме, но исключающие единство народов, либо единая культура вне национальных форм развития (конечно, под эгидой американского империализма). Но ныне как марксистская теория, так и практика социалистического общества в СССР показали возможность развития культур народов, национальных по форме, но единых по своему социалистическому содержанию. Дипломированные лакеи буржуазии закрывают глаза на то, что в условиях социалистического общества развиваются нации нового типа — социалистические нации, «являющиеся гораздо более сплочёнными, чем любая буржуазная нация, ибо они свободны от непримиримых классовых противоречий, разъедающих буржуазные нации, и являются гораздо более общенародными, чем любая буржуазная нация»[1]. Практика мощного и сплоченного движения народов в борьбе за мир также разрушила жалкие идеи о неизбежности антагонизма народов, культура которых развивается в национальной форме. Нет, совсем не в духе концепции дополнительности идет развитие современного общества!

Физические открытия, вскрывающие противоречивую природу микрообъектов; взаимопревращения элементарных частиц

[1] И. В. Сталин. Соч., т. 11, стр. 341.

друг в друга; взаимопревращения частиц вещества и фотонов поля; становление систем, обладающих новым качеством, не заключавшимся в их компонентах, — все это навязывает современному исследователю необходимость перейти к диалектическим формам мышления, точнее отображающим диалектическую природу. Ленин указывал, что «Новая физика свихнулась в идеализм, главным образом, именно потому, что физики не знали диалектики» [1], и что условием преодоления кризиса физики является непременная замена материализма метафизического материализмом *диалектическим*.

Концепция дополнительности есть попытка обосновать теорию, согласно которой будто бы переход к диалектическим формам мышления не является необходимым, что природа органов человеческого восприятия макроскопична, что и мышление движется в рамках макроскопических (притом метафизических) понятий, и поэтому человек по своей природе не способен установить за физическими открытиями, выражающими противоречивые свойства микрочастиц, никакого объективного содержания.

Поэтому концепция дополнительности преграждает путь к пониманию диалектической природы объективного мира. Мы видели, как это делается в физике — путем придания основополагающего значения измерительной операции, последующей субъективизации физической реальности и утверждения, что существует только такой предмет исследования, в котором, благодаря природе приборов (различного класса их), нет никакого единства диалектических противоречий, а есть только взаимоисключающие дополнительные стороны, встречающиеся при различных экспериментальных обстоятельствах.

Тем самым концепция дополнительности полностью выявила свою подлинную сущность в качестве «фундаментального понятия логического синтаксиса» (Франк), сиречь в качестве современной формы позитивистской теории познания, основное назначение которой — быть оружием в борьбе против диалектического материализма и его теории познания, служить «теоретическим» оплотом реакционных идей.

Развитие современной физики опровергло физические выводы, которые делал Мах, исходя из своей теории познания. Как известно, Мах отрицал наличие в природе молекул и атомов на том «основании», что они непосредственно в ощущениях не даны. Хотя кинетическая теория вычисляла скорости теплового движения молекул, а Менделеев уже подсчитывал атомные веса

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 248—249.

даже для не открытых еще элементов, махисты упорно оспаривали их существование. Однако физика прошла мимо махистских бредней, она добилась величайших практических успехов, именно исходя из атомистического учения о веществе[1]. Она расширила круг познанных микрообъектов, установила ряд их свойств, их противоречивую дискретно-волновую природу, использовала познанные свойства в технике, хотя непосредственно в ощущениях микрообъекты не даны.

Как же относится нынешний позитивизм к микромиру, к его познанию?

Перед позитивизмом, несомненно, возникли трудности: полное отрицание микромира, как это делал Мах, несовместимо с претензией выступать в качестве «новейшей» «естественнонаучной» теории познания. С другой стороны, ясно, что прежняя позитивистская формула «дерево—это мое ощущение» к электрону, не подходит. Такое положение вынуждает позитивистов делить природу на две части, будто бы отличающиеся в *гносеологическом* (а не физическом) отношении: макромир, данный нам в ощущениях, или, как говорят махисты: «наблюдаемый», и микромир, «принципиально не наблюдаемый». О микромире, согласно позитивизму, мы можем только логически рассуждать. Электроны, атомы и т. п. «допускаются» в науку, но они признаются лишь логическими категориями, хотя и связанными с ощущениями через восприятие показаний приборов (вспомните, например, франковское определение электрона, иордановское определение атома). Этим нынешние позитивисты отличают себя от своего родоначальника Маха: во-первых, они не отрицают существования атомов, электронов и т. п. в указанном выше позитивистском смысле, во-вторых, наряду с ощущениями, они допускают и логику (отсюда и название — логический эмпиризм, нечто вроде «деревянной железки»). Следует при этом подчеркнуть, что роль субъективной логики у нынешних позитивистов состоит не в том, что она отражает объективный микромир, а в том, что она конструирует «ненаблюдаемый» микромир.

Пожалуй, наиболее развернутую позицию позитивизма в оценке гносеологических проблем современной микрофизики развил Г. Рейхенбах, в прошлом глава берлинской группы неомахистов, а ныне профессор философии Калифорнийского

---

[1] При помощи электронных микропроекторов, дающих увеличение до двух миллионов раз, физика ныне уже получила возможность наблюдать некоторые молекулы даже не очень крупного размера (порядка всего 14 ангстремов и состоящих из нескольких десятков атомов) и, так сказать, визуально проверить теории об их структуре (см., например, реферат В. С. Вавилова, «Успехи физ. наук», 1950, т. XLII, вып. 4, стр. 580).

университета в США. Его позиция тем и замечательна, что наиболее выпукло выражает реакционные тенденции нынешнего позитивизма.

Г. Рейхенбах отмечает, разумеется, как положительный факт, что физики (копенгагенской школы) сделали из квантовой механики философские (идеалистические) выводы о новом будто бы отношении субъекта и объекта, о новом понятии реальности и т. п. Все это, заявляет Рейхенбах, полезно для практической работы физика, но пока нет обобщающего обоснования, философского анализа основ квантовой механики, физик в любой момент может поскользнуться на этом тонком льду и пойти на дно. Итак, Рейхенбах желает подать физику копенгагенской школы руку помощи.

Строго говоря, заявляет Рейхенбах, в теоретико-познавательном смысле в квантовой механике ни одно событие не является наблюдаемым. «Они все выводятся из макроскопических данных, которые составляют единственную основу, доступную наблюдению посредством человеческих органов чувств»[1].

Однако события в квантовой механике можно разделить на два класса: феномены и интерфеномены. Феномены — это класс событий, которые связаны с макроскопическими событиями посредством коротких причинных цепей, поэтому мы говорим, что они могут быть проверены «непосредственно» такими приборами, как счетчик Гейгера, камера Вильсона. Интерфеномены — это класс событий, которые вводятся посредством цепи заключений гораздо более сложного рода; они строятся в форме интерполяций внутри мира феноменов. Таковы: движение электронов, движение света от источника до столкновения с веществом. Феномены и интерфеномены — это, согласно Рейхенбаху, квантово-механическая аналогия между наблюдаемым и ненаблюдаемым.

Можно ли перейти от наблюдаемого к ненаблюдаемому? Существует ли оно вообще? Таковы вопросы, которые ставит Рейхенбах. Иначе говоря, он ставит философский вопрос, имеют ли явления, например наблюдаемые в камере Вильсона, объективный смысл.

Многие зарубежные теоретики маскируют свою идеалистическую концепцию, мотивируя постановку подобных вопросов особенностями микромира в гносеологическом отношении. Рейхенбах же сбрасывает с себя все фиговые листки, он утверждает, что подобная проблема — существует ли ненаблюдаемое —

---

[1] H. Reichenbach. Philosophical Foundations of Quantum Mechanics. 1946, стр. 20.

имеет место и в старой физике, как и вообще в повседневной жизни. Существует ли, например, дерево, когда мы перестаем на него смотреть, и если существует, то в каком виде? На этот вопрос, по Рейхенбаху, нельзя дать однозначного ответа. Можно сказать, что, когда мы перестаем дерево наблюдать, оно или вовсе не существует, или оно раздваивается, или даже учетверяется. Доказать, что этого не происходит, логически невозможно, даже если мы, не наблюдая дерева, видим от него единственную тень; на вопрос о том, существует ли и как существует ненаблюдаемое дерево, возможен любой ответ, при условии, однако, если соблюдено одно правило: соответственно ответу мы должны будем *изменять физические законы*, чтобы оправдать наличие *одной* тени. Это будут различные описания наблюдаемого; они вполне равноправны и составляют в «теории» Рейхенбаха «класс эквивалентных описаний».

Эти рассуждения переносятся Рейхенбахом и на познание микромира. Можно, говорит Рейхенбах, отклонить всякое описание интерфеноменов, или, переводя это на простой язык, можно отказаться от признания существования объективного микромира, вызывающего определенные явления, например в камере Вильсона или в каком-либо другом физическом приборе. Это будут, по Рейхенбаху, «ограничительные интерпретации» квантовой механики. Но столь же законно создать и более широкие «исчерпывающие интерпретации» квантовой механики. Согласно «теории эквивалентных описаний», таких интерпретаций может быть сколько угодно и каких угодно. Например, можно признать, что интерфеномены существуют в виде частиц, это — «корпускулярная интерпретация». Тогда, при рассмотрении диффракции на одной щели, физические законы будут одинаковыми как для феноменов, так и для интерфеноменов, т. е. не придется менять физические законы при переходе к миру ненаблюдаемому. Вместо корпускулярной можно принять «волновую интерпретацию» интерфеноменов. Она совершенно равноправна с первой, но в этом случае физические законы для интерфеноменов должны быть изменены, в них появится «каузальная аномалия»: волна каким-то неизвестным путем дает вспышку в одной точке. Но и в корпускулярной интерпретации не избежать каузальной аномалии в физических законах; она появляется в них при рассмотрении диффракции от двух щелей, в этом случае теряет смысл выражение «частица прошла через данную щель». Интерпретация интерфеноменов, по Рейхенбаху, может быть вообще какой угодно, например, в виде комбинации корпускулярной и волновой, согласно которой движение корпускул контролируется направляющими волнами. Эта

интерпретация имеет свои аномалии, ибо допускает существование поля, которое следует законам, отличным от законов, справедливых для других видов волн; в частности, это поле не обладает энергией, так как энергия предполагается сосредоточенной в частицах.

Но каковы бы ни были интерпретации, утверждает Рейхенбах, в общем случае ни одна интерпретация не может избежать «каузальной аномалии». Такова неизбежная участь физических теорий интерфеноменов, или микромира. Буржуазный профессор не удержался, чтобы не провозгласить в качестве итога своих «глубокомысленных» исследований новый принцип квантовой механики — так называемый «принцип каузальной аномальности», «который должен быть добавлен к принципу неопределенности Гейзенберга»[1].

В. Паули уже поспешил заявить, что трактовка квантовой механики, развиваемая копенгагенской школой, «находится также в согласии с принципом аномальности Рейхенбаха»[2]. Нечего и говорить о том, что назначение этого нового «принципа аномальности» — исключить всякую форму причинности как объективную закономерную связь явлений природы, доказать ограниченную возможность познания атомной физики.

Сторонники так называемого «начала принципиальной наблюдаемости», особенно рьяно защищаемого Гейзенбергом, это и есть, по терминологии Рейхенбаха, последователи «ограничительной интерпретации», утверждающие, что «описание интерфеноменов не является необходимым». Читателю, вероятно, известно, что эта точка зрения уже высказывалась Махом, который более 75 лет тому назад объявил, что цель естествознания — установление связи между явлениями, и только[3]. Она вытекает из отказа признать существование вне человека объективного материального мира.

Рейхенбах считает, что эта точка зрения вполне достаточна для целей естествознания. Он только находит, что она «не может считаться доказательством того, что исчерпывающие интерпретации должны быть отброшены. Мы должны ясно представлять себе, что ни одна из обеих концепций не может быть доказана как истинная. Эти концепции представляют волевые

---

[1] H. Reichenbach. The Principle of Anomaly in Quantum Mechanics. «Dialectica», 1948, 7/8, стр. 350. Разумеется, соотношение неопределенностей трактуется Рейхенбахом в духе концепции дополнительности.

[2] W. Pauli. Editorial, там же, стр. 80.

[3] См. Э. Мах. Принцип сохранения работы (1872). СПб., 1909, стр. 52.

решения относительно форм физики; каждая из них оправдываема столь же, сколь и другая»[1].

В этой, с позволения сказать, «теории физического познания» мы видим наглядно, до каких чудовищных столпов нелепостей доходят идейные наследники Маха. Отрицая существование объективного материального мира, ненавидя материалистическую теорию познания, согласно которой физическая теория есть все более уточняющийся образ материального мира, они преподнесли естествоиспытателям «удобное» решение всех трудностей, возникающих в ходе развития науки: физическая теория — это произвольная, «волевая» интерпретация феноменов и интерфеноменов; возможно допустить любую теорию, лишь бы соблюдались установленные «правила игры».

Сколь «нова» эта «современная», якобы вытекающая из результатов квантовой механики «теория физического знания», видно из следующего эпизода. Ленин уже более сорока лет назад громил за аналогичные идеи «Ганса номер два» (Клейнпетера; «первым Гансом» был Корнелиус), который в 1905 г. (тоже в «Теории познания современного естествознания») писал, что об одной и той же области физических фактов можно дать много теорий и что «этот факт связан с волевым характером нашего мышления; и в нем выражается несвязанность нашей воли внешними обстоятельствами...»[2]. Если Ганс Рейхенбах (Ганс номер третий) повторяет в 1946—1948 гг. идеалистические зады своих предшественников, то спрашивается, при чем же тут современная физика?

Что Рейхенбах — архимахровый идеалист и отнюдь не физик, в этом нет никакого сомнения. И если мы уделили некоторое место критике его взглядов, наряду с критикой копенгагенской школы физиков, то только потому, что он в систематическом виде излагает те идеи, которыми многие зарубежные физики-теоретики фактически руководствуются, хотя и не излагают в связном виде.

Нынешний «физический» идеализм стремится использовать не только результаты квантовой механики. Он пытается опереться также и на общие исследовательские методы физики, выдавая их за обоснование идеалистической теории познания. Среди направлений, ставящих себе подобную цель, наибольшую роль играет так называемый *операционализм*, своими идейными истоками восходящий непосредственно к Маху.

---

[1] H. Reichenbach. Philosophical Foundations of Quantum Mechanics, стр. 33.

[2] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 209.

Операционализм устанавливает правила введения в физику понятий. Согласно операционализму, понятие только в том случае имеет существенное содержание и, следовательно, может быть введено в физику, если ему сопоставляется, хотя бы только мысленная, операция измерения. Это требование обосновывается тем, что оно будто бы избавляет физику от фетишей, от метафизических (в смысле позитивизма) понятий, которые якобы проникают в нее из ненаучных областей[1].

Операционализму сочувствуют многие физики, расценивающие его требования как условие необходимой точности суждений. Несомненно, что физические объекты представляют собой единство двух сторон — качественной и *количественной*. Поэтому изучение объекта необходимо связано с измерением. Физики не могут не измерять уже потому, что количественные изменения в природе ведут к изменениям качества, что отношение между количеством и качеством взаимно. Но физические понятия никогда не могут быть выражены полностью через *операции* измерения, положенные операционализмом в основу их дефиниций. В самом деле, определяя понятия через некоторую операцию измерения, операционализм по существу вводит в науку некую внеисторическую категорию, раз навсегда данную и неизменную. Но реальный мир не может быть отображен и фактически не отображается в неизменных понятиях. История любой естественной науки знает *развитие* понятий, происходящее по мере углубления нашего познания реального мира. Между тем, исходное, формально-операционалистическое определение понятия ограничивает его содержание отождествлением его с теми операциями, которые известны в некоторый исторический момент развития физики. В силу этого объективное свойство отражается в понятии, определенном по методу операционализма, лишь односторонне. Мы видим, таким образом, что операционализм не расширяет возможности познания, а ограничивает их.

Кроме того, определение понятия по методу операционализма ограничивает понятие лишь одним определенным отношением, тогда как самый объект, отражаемый понятием, находится в бесчисленных взаимосвязях и отношениях с другими объектами и их свойствами; поэтому естественно, что понятие не

---

[1] Позитивизм считает понятия метафизическими, если нельзя доказать существование того, что является содержанием понятия. Существующим же позитивизм признает только то, что непосредственно дано в восприятиях,— ощущения, показания приборов, операции измерения. Естественно, что в силу подобных исходных положений последователи этой философии вращаются в порочном кругу чисто субъективных категорий.

может быть сведено к одному из этих отношений, ставшему известным ранее других.

Сказанное можно было бы проследить при анализе любого понятия, которое операционалисты пытаются определить соответственно своей концепции, скажем, на примере понятия массы. Уже Мах истолковывал операцию измерения идеалистически, например, при определении понятия массы. По Маху, масса определяется как коэффициент (с отрицательным знаком), обратный отношению ускорений, которые вызывают друг в друге тела, из которых масса одного принимается за единицу. Мах считает, что этим определением *исчерпывается все содержание понятия массы.* Он пишет: «В нашем понятии массы нет никакой теории, „количество материи“ в нем совершенно излишне, в нем содержится лишь точное определение, обозначение и название действительного факта»[1].

Мах сам подчеркивает как особое «достоинство» своего определения понятия массы, что в нем нет никакой теории; это означает, что Мах принципиально отказывается от выяснения природы массы, ее происхождения, т. е. от объяснения инерции тела. Он стремится показать, что вопрос о природе массы не имеет смысла, так как мы всегда, мол, имеем дело только с одним и тем же фактом — ускорением тел при их взаимодействии, т. е. с *единственной формой* проявления массы. Разумеется, масса проявляется в ускорениях тел и *может быть измерена в задачах с ускорением.* Но утверждение Маха, что это есть единственная форма проявления массы, неверно. Уже Ньютон показал возможность измерения массы весом. Мах очень легко, но необоснованно «расправляется» с этим методом измерения массы, сводя его к первому. Он пытается обосновать это «сведéние» тем, что ускорения уравновешенных тел уничтожаются их взаимодействием, а поскольку ускорения всех тел в поле тяжести одинаковы, то и массы уравновешенных тел равны. Но заслуга Ньютона как раз и состояла в том, что он вслед за Галилеем подтвердил на опыте (с качанием маятников), что ускорения всех тел в поле тяжести одинаковы, иными словами, доказал, что масса тяжелая пропорциональна массе инертной и что тем самым вес тела может служить мерой его массы (для одного и того же места). Итак, помимо динамического способа измерения массы, издавна был известен и другой способ — взвешивание. Масса проявляется не только через ускорения тел и взвешивание, но и во многих других процессах,

---

[1] Э. Мах. Механика. Историко-критический очерк ее развития. СПб., 1909, стр. 182.

например в тепловых, химических и других. Открытая уже в более позднее время связь массы с энергией дает принципиальную возможность измерять массу частицы, например в ядерных процессах, еще и другим способом: посредством измерения другой физической величины — энергии.

Таким образом, измерение массы вообще возможно несколькими способами, а отнюдь не единственным — динамическим. Содержание понятия массы не исчерпывается в этом процессе.

Мах самоуверенно заявлял, что его понимание массы, как взятое из «чистого опыта», никогда не будет поколеблено. Он писал: «Таким образом раз только мы, следуя указаниям опыта, *рассмотрели* существование особого *определяющего ускорение признака* тел, наша задача исчерпывается признанием и недвусмысленным обозначением этого *факта*. Дальше признания этого факта мы пойти не можем и всякая попытка пойти отсюда дальше приводит только к неясностям. Всякая неловкость исчезает, раз только мы выяснили себе, что в понятии массы не содержится никакой теории, а содержится только опыт»[1].

Физика очень быстро опровергла этот «прогноз» Маха, как и другие его «прогнозы». Она вынуждена была поставить вопрос о том, какова природа массы, уже в самом начале развития теории электронов, и с тех пор задача создания теории массы, объяснения ее природы, неизменно находилась в центре внимания физиков и особенно актуальной стала в теории «элементарных» частиц.

Итак, порочность маховских рассуждений о массе, его попытки определить понятие массы в духе операционализма состоит в том, что он принципиально отказывается от возможности какого бы то ни было объяснения инерции тел, усматривая в массе *только* коэффициент в известном уравнении; эта порочность состоит, далее, в том, что он игнорирует многообразное проявление массы, ее связи с другими физическими величинами, характеризующими другие свойства тел, связи, обусловливающие возможность различных способов измерения массы; эта порочность состоит, наконец, в том, что операционализм оперирует с застывшим понятием и игнорирует его развитие в процессе углубления познания природы. Физик же материалист, определяя массу как меру инерции тела, не может замкнуться в этом определении и должен показать углубление понятия массы в последующем развитии науки[2].

---

[1] Э. Мах. Механика, стр. 185.

[2] При критике маховского определения понятия массы использована статья: С. Г. Суворов и Р. Я. Штейнман. За последовательно

В доказательство мнимой справедливости и познавательной мощности операционалистического метода, его защитники приводят «доводы» исторического порядка. Они следующим образом излагают историю развития физических теорий. «Классическая» физика, утверждают они, не анализировала метода введения в физику понятий, не связывала его с обязательным требованием, чтобы физическим понятиям была сопоставлена определенная измерительная операция, понятия вводились в «классическую» физику произвольным и ненаучным образом из наивных представлений повседневной жизни. Так-де были введены понятия абсолютного пространства, времени, движения. Опираясь же на операцию измерения, как на критерий ценности физических понятий, современная физика (тут имеется в виду Мах) сразу же обнаружила фиктивность, метафизичность (в смысле позитивизма) ряда понятий «классической» физики и должна была устранить их. Так, дескать, возникла теория относительности, и вся физика встала на более реальную почву, пр вратилась якобы в более плодотворную науку.

Эти искажения истории развития физических понятий и теорий нужны операционалистам для укрепления в физике своих позиций. Раздувание одного из моментов познания — процесса измерения — до ранга некоего теоретико-познавательного принципа, как и во всех подобных случаях, прямо ведет в болото идеализма. Критерием ценности понятия становится в этом случае не его способность отразить объективный материальный мир, а операции измерения. Операционалисты рассматривают понятие не как *образ объективного, материального мира*, как тому учит Ленин, а отождествляют его с самой *операцией измерения*. Основоположник операционализма в его современной форме, известный исследователь в области физики высоких давлений, много пишущий по вопросам философии физики, П. В. Бриджмен заявляет: «Вообще мы обозначаем посредством какого-либо понятия не что иное, как ряд операций; понятие есть синоним, соответствующий ряду операций»[1]. То, что определяется не через операции измерения, объявляется принципиально ненаблюдаемым, подлежащим изгнанию из физики как ненаучная «метафизика». Операционализм полностью вливается в направление логического эмпиризма (логического позитивизма). «Различие между операционализмом и

материалистическую трактовку основ механики. «Успехи физ. наук», т. XL, вып. 3, стр. 407.

[1] P. W. Bridgman. The Logic of Modern Physics. New York, 1928, стр. 5.

логическим позитивизмом есть различие в ударении»,— пишут логические позитивисты в своем «Философском словаре» [1].

Из сказанного следует, что «основные идеи» операционализма совершенно совпадают с философскими идеями копенгагенской школы физики, которая также отождествляет физическую реальность с описанием экспериментальных результатов и экспериментальной установки. Это — единое направление, идейное знамя которого — пропаганда идеализма в физике.

Мы видим, таким образом, что для современных махистов характерны те же черты, которые критиковал Ленин в махистской теории познания: подрыв объективного смысла физических понятий, законов, теорий и ограничение познавательных способностей человека. Как и Мах, его нынешние идейные наследники выступают против материализма не прямо; они утверждают, что ведут «объективную» борьбу «в защиту науки» на два фронта — против «односторонности» материализма и идеализма. Совершенно так же правый социал-демократизм пытается обрисовать себя перед рабочими массами в качестве идейного течения, якобы стоящего «над» «крайностями» социализма и капитализма, в виде идеологии «третьей силы», которая будто бы поддерживает «равновесие» между лагерем социализма и лагерем капитализма. Но как истинная позиция правосоциалистических лидеров есть апологетика наиболее экспансионистского из империализмов — американского, так и подлинная позиция позитивизма есть поддержка самого махрового идеализма. Товарищ Сталин говорит: «Нынешний социал-демократизм есть **идейная опора** капитализма...

Невозможно покончить с капитализмом, не покончив с социал-демократизмом в рабочем движении» [2]. С таким же основанием можно сказать: невозможно покончить с идеализмом в науке, не покончив с позитивизмом.

Современный позитивизм в естествознании, как в свое время и махизм, выступает претенциозно под видом теорий познания «современного естествознания». Но эти «теории» вырастают на живом дереве познания вследствие раздувания отдельных сторон познания в абсолют, оторванный от природы; они опровергаются современным естествознанием так же, как был опровергнут махизм современным ему развитием физики.

Деление мира на наблюдаемое (макромир) и ненаблюдаемое (микромир), о котором мы якобы можем строить только произвольные схемы, познание мира с известным ограничением, не

[1] The Dictionary of Philosophy, ed. by Dagobert Runes, ed. 4. New York, 1942.

[2] И. В. Сталин. Соч., т. 10, стр. 249—250.

в его объективных противоречивых тенденциях развития, а во взаимоисключающих понятиях дополнительности, толкование реальности как результатов измерения — все это идеалистические спекуляции, злокачественная опухоль, паразитирующая на физических особенностях новой области познания — атомной физики. Эта идеалистическая спекуляция затемняет сущность современных физических достижений, превратно представляет закономерности объективного мира, что тормозит его познание.

Надуманные нынешним физическим идеализмом, будто бы выявившиеся в ходе развития атомной физики «неразрешимые» проблемы познания на самом деле разрешаются ленинско-сталинской материалистической теорией познания, которая является единственной теорией, ведущей к вскрытию подлинных закономерностей атомного мира, к быстрому прогрессу науки.

* * *

Перед советскими физиками стоит огромная задача — переработки и обобщения достижений современной физики в свете ленинско-сталинской теории познания. Ныне — это настоятельная потребность развития самой науки.

Возникновение современной атомной физики В. И. Ленин называл новейшей революцией в естествознании. Огромный прогресс физики в XX в. несомненен. Развитие атомной физики открывает новые возможности преобразования природы на пользу человеку. Важно не констатировать несомненные успехи физики по сравнению с успехами в начале этого века, а оценить, соответствуют ли они задачам гигантского развертывания производительных сил, материальной базы коммунистического общества.

О высоком уровне советской физики, бесспорно, свидетельствует такой факт, как разрешение проблемы высвобождения атомной энергии. Но эти успехи могли бы быть бóльшими, если бы ведущие физики-теоретики сознательно применяли ленинско-сталинскую теорию познания в разработке проблем теоретической физики и если бы они тем самым еще более усилили помощь экспериментаторам.

В современной теоретической физике много нерешенных вопросов. Например, недостаточно развита физика твердого тела. Эксперимент властно поставил вопрос о физике превращений элементов поля в частицы вещества и обратно, превращений одних частиц вещества в другие, одних сложных систем в другие. Использование этих превращений составит основу физики будущего. Но уже около двадцати лет теоретическая физика тщетно пытается создать теорию превращений. Опираясь

на трактовку существующих теорий, она неизменно наталкивается в расчетах на нелепые выводы о бесконечности собственной энергии элементарных частиц и стремится преодолеть их искусственными приемами (формальное обрезание расходящихся интегралов, так называемый «ламбда-процесс», введение дополнительных би-полей и т. п.). Уже самый факт наличия многообразных формальных попыток показывает, что пути преодоления трудностей отыскиваются вслепую. Физическая теория явно отстает от эксперимента. Случайно ли это? Нам кажется, что не случайно. Самый ход развития физики толкает к тому, чтобы в новом свете рассмотреть исходные физические теории, более глубоко обобщить экспериментальные факты; а это обобщение не может происходить с позитивистских позиций, бесплодность которых очевидна и которых придерживаются зарубежные теоретические школы.

Советские физики и философы кое-что сделали в смысле пересмотра некоторых физических концепций и положений. Так, например, показана бесплодность концепции дополнительности, дано более правильное толкование волновой функции, в противовес субъективистскому, показана неприменимость идей релятивизма к ускоренно движущимся системам. Но это только первые шаги. В физических кругах все еще сильно влияние старой, сформировавшейся за рубежом трактовки основных физических теорий. Что это так, видно хотя бы по неудачному опыту академика А. Ф. Иоффе, который, повидимому с хорошими намерениями, писал книгу «Основные представления современной физики»: он не сумел полностью оторваться от бытующих за рубежом физических концепций[1]. Ведущая группа физиков-теоретиков не выступила против трактовки квантовой теории в духе концепции дополнительности, а напротив, даже защищала ее[2]. Физики-теоретики не проявляют инициативы и в развертывании критики теории относительности Эйнштейна.

Дело, разумеется, не в том, чтобы отбросить реальные достижения теоретической физики. Большевики знают цену культурного наследства. Но нельзя не видеть, что в самом характере физических теорий все еще сильно влияние позитивизма. Оно сказывается в том, что многие физики-теоретики видят

---

[1] Критику его книги см. в статье: И. В. Кузнецов и Н. Ф. Овчинников. За последовательное диалектико-материалистическое освещение достижений современной физики. «Успехи физ. наук», 1951, сентябрь.

[2] Д. И. Блохинцев во втором издании своего учебника («Основы квантовой механики». Гостехиздат, 1949) критически разобрал позиции копенгагенской школы по отдельным проблемам.

суть физических теорий только в создании логически непротиворечивой математической схемы, построенной на результатах измерений. При этом снимается задача раскрытия внутренней сущности материального объекта, анализа его свойств.

Трактуется ли физическая теория с позиций операционализма, излагается ли квантовая механика в свете концепции дополнительности, рассматриваются ли закономерности быстрых движений в духе кинематизированной теории относительности Эйнштейна – это не частное дело того или иного специалиста-теоретика. Это имеет прямое отношение к практическим успехам физики и потому не может не затрагивать интересы государства. Проведение правильных, материалистических взглядов в физических теориях важно не только в плане идеологического воспитания научных кадров, но и в плане ускорения темпов нашего продвижения вперед.

Материалистическая теория познания одержала за последние годы блестящие победы в агробиологии, физиологии, языкознании и в ряде других наук. Теперь всем стало ясно, что для этих наук победа марксизма знаменует собой начало их невиданного расцвета.

Выступление И. В. Сталина в дискуссии по вопросам языкознания еще раз наглядно показало творческую силу марксизма. Оно дало также великолепный урок борьбы с упрощенческим, псевдомарксистским подходом к решению конкретных проблем науки.

Опыт идеологической борьбы в различных областях науки показывает, что наука движется вперед не путем фетишизации раз навсегда принятых трактовок и положений, а путем пересмотра их с позиций более высокого мировоззрения, каким является марксизм-ленинизм. Это не простая задача, отдельные люди могут в ее решении делать ошибки. Но у нас есть безотказный метод, обеспечивающий нам движение науки вперед; этот метод указан партией, товарищем Сталиным: развитие науки через борьбу мнений, через широкое обсуждение коренных проблем науки. Нужно смелее применять оружие критики, терпеливо оттачивать его.

Партия учит нас тому, что в современной обстановке для советского ученого недостаточно общего признания прогрессивности философского материализма, необходимо сделать его *руководящим методом работы в своей специальной области.*

Творческое применение диалектического материализма должно сыграть преобразующую роль в развитии физики, поднять ее на неизмеримо более высокий уровень.

А. А. МАКСИМОВ

О ЗНАЧЕНИИ АБСТРАКЦИИ В МЕХАНИКЕ И ФИЗИКЕ

Развитие науки в СССР ставит перед естествоиспытателями и философами проблемы, которые ранее или совсем не разрабатывались, или разрабатывались мало. Достаточно указать на проблемы, выдвинутые развитием мичуринской агробиологии или языкознания (вопросы о скачках, взрывах, случайности, роли среды и пр.).

Много новых проблем выдвигает также развитие физико-математических и химических дисциплин. Среди них особое внимание привлекает вопрос о значении абстракции. Правильное истолкование роли абстракции помогает решить актуальные вопросы современной науки — об отношении механики макроскопических тел к квантовой механике, об отношении квантовой механики к химии и т. п. Неправильное же решение вопроса о роли абстракции служит орудием защиты антинаучных взглядов. Например, сторонники так называемых теорий резонанса и мезомерии пытались подкрепить свои порочные позиции ссылкой на то, что теория резонанса является-де законным плодом абстрактного мышления. Отзвуки такого истолкования абстракции имеются даже в докладе комиссии по созыву всесоюзного совещания, посвященного обсуждению проблем, связанных с теорией химического строения, что вызвало критику доклада на самом совещании.

Если к сказанному добавить, что вопрос об абстракции был затронут на всесоюзном совещании по космогонии солнечной системы и что он является весьма важным моментом в оценке теории относительности Эйнштейна и делаемых в связи с ней философских выводов, то будет оправдана попытка истолковать роль абстракции в механике и физике.

О ЗНАЧЕНИИ АБСТРАКЦИИ В ПОЗНАНИИ ОБЪЕКТИВНОЙ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОСТИ

Предметом познания человека является объективная действительность, природа. Объективная действительность выступает перед человеком всегда в конкретной форме, в бесконечном многообразии взаимодействий отдельных предметов, отдельных факторов. Чтобы познать эту действительность, человек должен уметь овладеть ею, познать в сложном и конкретном целом ее отдельные части, предметы, факторы, их взаимную связь, их генезис.

Познание взаимной связи и генезиса предметов и факторов (агентов) природы возможно лишь тогда, когда человек вскрывает сущность явлений природы, в частном и единичном обнаруживает общее. Восхождение от явлений к сущности, от единичного к общему, от чувственно-воспринимаемого к рационально-познаваемому возможно лишь путем отвлечения, путем абстракции существенного от несущественного, общего в множестве единичных предметов от частного.

Научное познание характеризуется тем, что оно правильно абстрагирует общее, существенное, закономерное. Неправильные абстракции присущи ненаучному мышлению, нарушающему законы логики.

Правильной, научной абстракцией, созданной на основе опыта человеческой практики, является, например, абстракция материи и движения. Такие абстракции полнее отображают объективную действительность, чем непосредственное чувственное восприятие. «Мышление, восходя от конкретного к абстрактному, не отходит — если оно *правильное... от* истины, а подходит к ней. Абстракция *материи*, *закона* природы, абстракция *стоимости* и т. д., одним словом *все* научные (правильные, серьезные, не вздорные) абстракции отражают природу глубже, вернее, *полнее*»[1].

Неправильной, ненаучной абстракцией является абстракция бога, абсолютного духа и т. д. История науки знает ряд неправильных абстракций. Таковы понятия флогистона, теплорода, неподвижного мирового эфира и т. д.

Отвлечение, абстракция, опирается на анализ и синтез. Создавая, например, понятие планеты, мы выделяем из сложного комплекса свойств, присущих отдельным планетам, нечто общее, т. е. мы анализируем свойства планет. В то же время мы синтезируем в едином понятии то, что присуще всем отдельным планетам, что является общим для всех них.

[1] В. И. Ленин. Философские тетради, 1947, стр. 146.

Следовательно, любое понятие есть плод анализа и синтеза. Энгельс писал: «...Мышление состоит столько же в разложении предметов сознания на их элементы, сколько в объединении связанных друг с другом элементов в единство. Без анализа нет синтеза» [1].

Отвлечение общего от единичного и частного, раскрытие сущности в явлениях предполагают наличие объективно существующей связи, закономерности между явлениями или предметами природы. Мы не могли бы вскрыть общее между различными предметами, сущность в явлениях, если бы они не были даны объективно в самих единичных предметах и явлениях. Так, абстрактное понятие массы тел служит для понимания механических процессов или абстракция заряда — для понимания электромагнитных. Обнаружение массы в различных механических явлениях или электрического заряда в электромагнитных повело, как известно, к обнаружению таких закономерностей, как закон всемирного тяготения Ньютона или закон Кулона. Наука открыла и далее открывает все новые и новые закономерности, опирающиеся на абстракцию массы и электрического заряда.

Ленин, рассматривая вопрос об абстрактном мышлении, писал: «Образование (абстрактных) понятий и операции с ними *уже* ***включают*** в себе представление, убеждение, *сознание* закономерности объективной связи мира» [2].

Таким образом, абстрактное мышление пользуется одновременно и анализом и синтезом и опирается на представление о закономерной связи мира.

Путем абстракции мы вскрываем сущность явлений. Этот процесс познания сущности явлений природы не есть какой-то однократный акт. Наоборот, в процессе восхождения от относительной истины к истине абсолютной мы от сущности первого порядка углубляемся до раскрытия сущности второго порядка, от сущности второго порядка — до познания сущности третьего порядка и т. д. При этом мы снова и снова применяем методы анализа и синтеза.

Так, от раскрытия сущности движения обычных тел, рассматриваемой обычной механикой, наука перешла к раскрытию сущности движения атомов и молекул, а от этих последних — к раскрытию внутриатомных движений сначала в электронной оболочке атомов, а затем и в атомном ядре.

---

[1] Ф. Энгельс. Анти-Дюринг, 1950, стр. 40.
[2] В. И. Ленин. Философские тетради, 1947, стр. 153.

На некоторых этапах развития науки о природе на первый план выдвигается то анализ, то синтез, хотя, как уже было сказано, нет анализа, который не сопровождался бы синтезом, и нет синтеза, который не опирался бы на анализ.

Так, периодический закон химических элементов, открытый великим русским химиком Д. И. Менделеевым, явился грандиозным синтезом всех химических знаний предшествующего развития химии, открывшим новые перспективы для развития физико-химических наук, астрономии, геологии.

Великое значение физиологических работ И. П. Павлова покоится, помимо всего прочего, на преодолении им одностороннего аналитического метода в физиологии и введении синтетического рассмотрения функций животного организма, давшего в применении к методу условных рефлексов такие результаты, которые составили новый этап в развитии науки.

Возможность аналитической и синтетической деятельности нашего разума коренится в том, что разделение (анализ) предметов, явлений на отдельные части, моменты и объединение их в единое целое, их закономерная связь даны в самой объективной действительности. Так, в самой природе одни предметы, одни факторы при наличии всеобщей связи относительно обособлены от других. Познавая это объективно существующее обособление и объединение предметов, факторов, человек в процессе практической деятельности развил свою способность воспроизводить в мышлении расчленение целого на отдельные предметы, факторы и познавать конкретное как совокупность взаимодействующих между собой предметов, факторов и т. д.

Абстрактное мышление не вполне отображает объективный процесс обособления и связи предметов и явлений. В мышлении мы можем изучать отдельные стороны объективной действительности, неразрывно между собой связанные в природе. Так, в мышлении мы можем рассматривать формы отдельно от содержания, материю отдельно от движения, причины от действия и т. д., допустить существование тела, не взаимодействующего ни с какими телами, допустить движение материальной точки по прямой линии, хотя ни формы без содержания, ни движения без материи, ни материальной точки, ни прямой линии в их математической абстрактности в природе не существует.

Без развития абстрагирующей способности человеческого мышления невозможно познание.

Классики марксизма-ленинизма вскрывали и подчеркивали огромное значение абстракции в человеческом познании.

К. Маркс подробно рассмотрел роль абстрактного мышления. «Кажется,— писал он,— правильным начинать с реального и конкретного, с действительных предпосылок, следовательно, напр., в политической экономии с населения, которое есть основа и субъект всего общественного процесса производства. Между тем при ближайшем рассмотрении это оказывается ошибочным. Население, это — абстракция, если я, напр., оставлю в стороне классы, из которых оно состоит. Эти классы опять-таки пустой звук, если я не знаю элементов, на которых они покоятся, напр., наемного труда, капитала и т. д. Эти последние предполагают обмен, разделение труда, цены и т. д. Капитал, напр.,— ничто без наемного труда, без стоимости, денег, цены и т. д.»[1].

Итак, конкретное целое в мышлении расчленяется на ряд абстрактных моментов. Лишь имея такие абстрактные понятия, можно в мышлении, а не только в непосредственном созерцании воспроизвести конкретное. При этом весьма важно правильно выбрать эти абстрактные исходные моменты. К. Маркс показал, что исходными понятиями в политической экономии капиталистического общества являются понятия товара, его потребительной стоимости и стоимости, труда как субстанции стоимости.

К. Маркс пишет: «Экономисты XVII столетия, напр., всегда начинают с живого целого, с населения, нации, государства, нескольких государств и т. д., но они всегда заканчивают тем, что путем анализа выделяют некоторые определяющие абстрактные всеобщие отношения, как разделение труда, деньги, стоимость и т. д. Как только эти отдельные моменты были более или менее абстрагированы и зафиксированы, стали возникать экономические системы, которые восходят от простейшего, как труд, разделение труда, потребность, меновая стоимость, к государству, международному обмену и мировому рынку. Последний метод есть, очевидно, правильный в научном отношении. Конкретное потому конкретно, что оно есть сочетание многочисленных определений, являясь единством многообразного. В мышлении оно поэтому представляется как процесс соединения, как результат, а не как исходный пункт, хотя оно представляет собою исходный пункт в действительности и, вследствие этого, также исходный пункт созерцания и представления. На первом пути полное представление испаряется до степени абстрактного определения; при

---

[1] К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. XII, ч. 1, стр. 190.

втором же абстрактные определения ведут к воспроизведению конкретного путем мышления»[1].

Подытоживая приведенные высказывания основоположников марксизма-ленинизма, мы можем сказать, что воспроизведение конкретной действительности в мышлении состоит в расчленении этой действительности на абстрактные моменты и в последующем синтезировании этих абстрактных моментов в едином конкретном представлении о законе протекания событий в данной области явлений, выраженном в общем понятии, в теории.

Этот вывод имеет прямое отношение к естествознанию.

Природа конкретна. Например, солнечная система в настоящем ее виде есть результат естественно-исторического развития звезды (Солнца), образования планет, астероидов, комет. Солнечная система есть в то же время часть Галактики и разделяет ее историю.

Отвлекаясь от целостного конкретного проявления природы на земле и в солнечной системе, человек выделил отдельные моменты, создал отдельные понятия тела, массы, скорости и т. д.

Все эти понятия — результат долгой абстрагирующей работы человеческого мышления. Лишь постепенно создались современные понятия в их всеобъемлющем значении. Так, слово «материя» в древней Греции означало еще «материал», из которого что-либо делают (прежде всего дерево, лес). Слово «сущность» означало «имущество». Лишь в процессе долгого развития языка и мышления человек создал такие всеобъемлющие философские понятия, как понятия материи, движения, пространства, времени, сущности, закона, развития, взаимосвязи, единства противоположностей и т. д.

Наивысшим синтезом, обобщением всех достижений человеческого познания является диалектический материализм. «Диалектический материализм,— пишет товарищ Сталин,— есть мировоззрение марксистско-ленинской партии. Оно называется диалектическим материализмом потому, что его подход к явлениям природы, его метод изучения явлений природы, его метод познания этих явлений является *диалектическим*, а его истолкование явлений природы, его понимание явлений природы, его теория — *материалистической*»[2].

Следовательно, диалектический материализм представляет собой самый всеобъемлющий метод изучения явлений природы, общий подход к истолкованию этих явлений, к построению их теории.

---

[1] К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. XII, ч. 1, стр. 191.
[2] «История ВКП(б). Краткий курс», стр. 99—100.

О РОЛИ АБСТРАКЦИИ В МЕХАНИКЕ И ФИЗИКЕ

Абстракция имеет огромное значение в любой науке, в том числе в механике и физике.

Какие формы имеет абстракция в механике и физике? Механика и физика широко пользуются математикой. Следовательно, прежде всего нужно ответить на вопрос, что является продуктом абстрагирующей деятельности в математике.

Энгельс писал: «Чтобы считать, надо иметь не только предметы, подлежащие счету, но обладать уже способностью отвлекаться при рассматривании этих предметов от всех прочих их свойств кроме числа, а эта способность есть результат долгого, опирающегося на опыт, исторического развития». И далее: «Чистая математика имеет своим объектом пространственные формы и количественные отношения действительного мира, стало быть — весьма реальный материал. Тот факт, что этот материал принимает чрезвычайно абстрактную форму, может лишь слабо затушевать его происхождение из внешнего мира. Но чтобы быть в состоянии исследовать эти формы и отношения в чистом виде, необходимо совершенно отделить их от их содержания, оставить это последнее в стороне как нечто безразличное; таким путем мы получаем точки, лишенные измерений, линии, лишенные толщины и ширины, разные a и b, x и y, постоянные и переменные величины, и только в самом конце мы доходим до продуктов свободного творчества и воображения самого разума, а именно — до мнимых величин»[1].

Развивая воззрения марксизма-ленинизма на значение абстракции и применяя их к решению вопросов языкознания, И. В. Сталин пишет: «...Грамматика напоминает геометрию, которая даёт свои законы, абстрагируясь от конкретных предметов, рассматривая предметы, как тела, лишённые конкретности, и определяя отношения между ними не как конкретные отношения таких-то конкретных предметов, а как отношения тел вообще, лишённые всякой конкретности»[2].

В механике и физике широко применяются математические абстракции при построении теорий. При этом одновременно с понятиями величины, числа, геометрической формы применяются понятия пространства и времени, материальной точки, скорости, массы и т. д.

Применяя абстракцию, механика и физика выделяют предмет своего изучения из бесконечно сложной конкретной дей-

---

[1] Ф. Энгельс. Анти-Дюринг, 1950, стр. 37.
[2] И. Сталин. Марксизм и вопросы языкознания, стр 24.

ствительности. При этом физики и механики мысленно отвлекаются от связи тех или иных явлений и предметов с другими явлениями или предметами, потому что они и в действительности в известной мере относительно обособлены. Это природное обособление тех или иных предметов или процессов физики и механики усиливают в мышлении. В таком случае они берут явления, как говорится, в «чистом виде». Так, в механике можно до известной степени абстрагироваться от трения, влияния полей тяготения и пр. В природе простые тела в химически чистом виде или не встречаются совсем, или встречаются только при исключительных условиях.

Точно так же путем абстрактного мышления ученые устанавливают единство различных явлений, связь различных предметов природы. Теоретическое установление такого единства и связи правильно тогда, когда оно отражает существующие в действительности связь и единство. Так, в свое время теоретическим путем было установлено единство световых и электромагнитных явлений. Такое научное предвидение было в дальнейшем доказано экспериментально. Не всегда, однако, теоретически устанавливаемые единство и связь явлений бывают научными. Так, например, астрология утверждала наличие связи между явлениями в мире звезд и планет и судьбами человечества. Вейсманизм утверждал причинную зависимость между структурой хромосом в ядрах клеток и наследственными свойствами организма, отрицая одновременно наличие связи между средой и наследственностью живого вещества. Такие утверждения наукой были опровергнуты как не соответствующие действительности.

Предпосылкой создания теорий механики и физики является общий метод измерения величин. Механика и физика имеют дело с теми или иными объективно существующими величинами, измеряемыми тем или другим эталоном или масштабом и получающими выражение в числах. На этом выражении величин числами покоится применимость математики в механике и физике.

Так, пространство и время в механике и физике фигурируют в их численном выражении как отнесенные к определенным масштабам, эталонам.

Пространство и время в ньютоновой механике рассматриваются как нечто внешнее телам, как некое объективно существующее вместилище для тел. Самые тела в механике рассматриваются как нечто чуждое пространству и времени. В кинематике представление о теле низводится до представления о математической точке, движущейся в пространстве и

времени. Рассмотрение движения такой точки в пространстве и времени приводит к созданию понятий скорости и ускорения.

Понятия скорости и ускорения представляют собой уже производные понятия, которые являются продуктом анализирующей и синтезирующей деятельности мышления. Так, понятие скорости в данной точке

$$v = \lim \frac{\Delta l}{\Delta t}; \qquad \Delta t \to 0$$

синтезирует понятия пространства и времени. Более того, оно синтезирует понятия пространственного и временного интервалов, ибо $\Delta l = l_2 - l_1$ и $\Delta t = t_2 - t_1$ и в пределе сохраняют понятия начальной и конечной точки пространства, в котором происходит движение, начального и конечного моментов времени, в течение которого происходит движение.

Понятие ускорения еще сложнее, ибо

$$j = \lim \frac{\Delta v}{\Delta t}; \quad \Delta t \to 0$$

Динамика поднимает понятие тела от геометрической точки до «материальной» точки, т. е. вводит понятие массы.

Масса — главнейшее свойство материи, которое рассматривается в ньютоновской механике. Другие свойства материи, если не говорить о перемещении в пространстве и времени, ньютоновская механика рассматривает как производные от упомянутых выше.

Введение понятия массы в ньютоновской механике приводит к определению силы

$$F = mj = m\frac{dv}{dt}.$$

Сила определяется в прямой зависимости от величины ускорения.

В ньютоновской механике масса принимается как нечто заранее данное и неизменное. Физические причины возникновения массы как определенной формы инертности в ньютоновской механике не исследуются. Однако уже в пределах этой механики наблюдается иная, более конкретная форма инертности, чем масса,—именно момент инерции вращающихся тел mr^2. Инертность вращающихся тел зависит не только от величины обычной массы, но и от распределения ее в пространстве по отношению к оси вращения тела, т. е. от про-

странственных отношений, проявляющихся при вращении данного тела (r — расстояние массы m от оси вращения).

Механика создала сложную и весьма совершенную систему понятий, восходящую от понятий пространства, времени, материальной точки, через понятия скорости, ускорения, массы, силы до законов ньютоновской механики.

Механическая форма движения — перемещения тел в пространстве — есть элементарная форма материального движения. Ньютоновская механика выделяет эту форму движения путем абстракции и исследует ее всесторонне. В пределах такого рода абстракции представление о движении тел получает конкретную, весьма развернутую разработку. Следовательно, и механическая форма движения обладает множеством определений. Переходы от одних понятий к другим носят в механике и качественный характер. Понятия количества движения и кинетической энергии качественно различны и выражают качественно различные стороны механического движения.

При восхождении от исходных простых ко все более сложным понятиям, синтезируемым в законах, механика воспроизводит в мышлении свойства объективно существующей формы механического движения. При этом ранее оторвавшиеся и метафизически противопоставляемые друг другу моменты объединяются, синтезируются в более общих понятиях. Так, в ньютоновской механике сначала противопоставляли покой движению. Однако развитие механики Ньютона привело к возникновению таких «принципов», как принцип Даламбера, согласно которому задачи динамики можно свести к задачам статики, если «ввести» так называемые «силы инерции». Это сведéние свидетельствует о том, что статика, по существу, есть ветвь динамики, а понятие покоя или равновесия есть одно из подчиненных понятий механического движения. Точно так же разрыв понятий пространства и времени в ньютоновской механике теряет в конце концов, если разобраться по существу, свой метафизический характер.

Так, законы Кеплера объединяют воедино пространственные и временны́е характеристики движения планет солнечной системы.

Под этим углом зрения законы ньютоновской механики заслуживают детального философского анализа.

Воззрение на пространство и время как на внешние вместилища материи является результатом одностороннего абстрактного подхода к явлениям природы и закрепляется метафизическим мировоззрением. При более конкретном рассмотрении проблемы пространство и время выступают как нераздельно

присущие материи коренные формы ее существования. Их единство проявляется в движении.

Так, солнечная система, движущиеся в ней планеты, астероиды и кометы существуют в определенной пространственно-временно́й форме, общей для всех их и выражаемой законами Кеплера и Ньютона. Эти законы говорят о том, что действие силы тяжести обратно пропорционально квадрату расстояния между взаимодействующими телами, что движение планет происходит вокруг Солнца по эллиптическим орбитам (Солнце — в одном из фокусов эллипса), квадраты времен обращения планет относятся, как кубы их средних расстояний от Солнца, и т. д.

Эти пространственно-временны́е формы, общие для всех тел солнечной системы, обусловливаются в их численно-определенных выражениях (радиусы, период обращения и пр.) величиной массы вещества всей системы и распределением его в ней. Таким образом, масса вещества обусловливает движение отдельных тел.

Пространственно-временна́я форма существования материи солнечной системы в конкретных ее проявлениях присуща только ей. В любой другой системе тел, к которой приложимы законы Ньютона, Кеплера и т. д., будут другие массы, другие расстояния, разделяющие тела системы, другие периоды обращения и т. д., т. е. будет другое выражение пространственно-временно́й формы того же определенного типа существования материи. Пространственно-временна́я форма существования материи Галактики будет уже совсем иного типа, чем солнечной системы или атома.

Пространственно-временна́я форма существования материи солнечной системы неразрывна с существованием этой последней. Например, вторжение в солнечную систему не принадлежащего к ней тела с массой того же порядка, что и сама система, привело бы к разрушению или коренной перестройке этой последней, к нарушению ее пространственно-временно́й формы.

Наоборот, движение отдельных тел, незначительных по массе в сравнении с массой всей системы, например движение отдельных тел на поверхности Земли, не изменяет основной, коренной, пространственно-временно́й формы существования солнечной системы. Эта форма остается неизменной и может рассматриваться по отношению к данному телу как внешняя и относительно не зависящая от него.

На приведенных примерах мы старались показать нераздельность материи и ее пространственно-временны́х форм, характерных для той или иной материальной системы. В механике,

однако, до сих пор главное внимание обращалось не на единство формы и содержания, а на относительную самостоятельность формы по отношению к содержанию. Отсюда и проистекало рассмотрение пространства и времени как чего-то внешнего по отношению к отдельным телам. Эта точка зрения, возведенная в абсолют, была основой метафизических и идеалистических воззрений на пространство, время и материю в механике и физике.

Она опровергается как данными механики звездных и планетных систем, о чем речь уже была выше, так и данными электродинамики и атомной механики. Прежде всего укажем на то, что со времен Фарадея и Максвелла электродинамика внесла много нового, доказав существование электромагнитных полей как таких же реальностей, как и обусловливающие их электрические заряды. Одно время в физике даже существовала тенденция сводить электромагнитные явления целиком к процессам, происходящим в электромагнитных полях. Сейчас эта тенденция снова возрождается в еще более широком значении в связи с так называемой полевой теорией микрочастиц.

Другим столь же важным фактом явилось доказательство электромагнитной природы света и тождества скорости распространения колебаний в электромагнитных полях со скоростью света.

Выдвижение на арену физического исследования электромагнитных полей и доказательство тождества скорости света со скоростью распространения электромагнитных колебаний произвели коренной переворот в ньютоновских воззрениях на пространство, время, массу.

Рассматривая свет как нечто внешнее по отношению к механическим процессам, механики и физики реализовали так называемое абсолютное пространство Ньютона в форме координатной системы, образованной лучами света.

Что же касается времени, то, ввиду чрезвычайной медленности механического перемещения обычных тел в пространстве по сравнению со скоростью распространения света, так называемое абсолютное время Ньютона выражалось при посредстве света, распространение которого предполагалось мгновенным. Определенный сигнал света, достигающий различных точек пространства, устанавливал одновременность событий в этих точках, независимо от расстояния от того места, из которого посылался сигнал.

Совсем иная ситуация создалась благодаря развитию электродинамики. Изучаемые электродинамикой процессы сами происходят со скоростью, близкой или равной скорости света,

взятой в качестве эталона пространства и времени. Здесь уже нельзя стоять на точке зрения чуждости пространства и времени тем процессам, которые изучаются при применении световых эталонов пространства и времени. Физики рано или поздно должны были встать перед необходимостью рассматривать пространство и время не как некие метафизические, абсолютные, по терминологии Ньютона, вместилища тел, материи, а как форму существования материи. Эта сторона вопроса и была вскрыта опытами Майкельсона и др. Однако проблема получила лишь формальное решение, будучи запутана идеалистическим истолкованием понятий пространства и времени в эйнштейновской интерпретации так называемой теории относительности.

Успехи электродинамики привели к пересмотру не только воззрений на пространство и время, но и ньютоновского представления о массе. В электромагнитных процессах было открыто особое проявление инертности, возникающее в результате движения электрических зарядов (самоиндукция). Дальнейшее изучение вопроса привело к представлению о существовании массы электромагнитного происхождения и о зависимости этой массы от скорости движения электрических зарядов.

В целом электродинамика является системой теоретических представлений, отображающих явления, обусловленные существованием электрических зарядов и электромагнитных полей. Электродинамика опирается на специфические, ею разрабатываемые понятия, которые синтезируются в особых, отличных от механики Ньютона, законах. Основными понятиями электродинамики являются понятия электрического заряда и поля.

Электродинамика, рассматривая в деталях, конкретно электромагнитные явления, абстрагируется от многих важных сторон действительности. Так, принцип развития оставался вне сферы ее представлений. Электрический заряд — одно из основных явлений, рассматриваемых электродинамикой,— до сих пор считался неизменным, извечно данным. Лишь новейшие достижения физики доказывают возникновение пар электронов из квантов электромагнитного излучения. Тем самым в физику микрочастиц начинает входить понятие развития[1].

Если ньютоновская механика абстрагируется от электромагнитных явлений и от явлений микромира, то квантовая механика берет изучаемые ею явления в отвлечении от явлений макромира.

---

[1] См. об этом: Д. И. Блохинцев. Элементарные частицы и поле. «Успехи физ. наук», 1950, т. XVII, вып. 1, стр. 81.

Если для электродинамики важнейшим положением является конечность скорости света, то для квантовой механики кардинальным положением является конечность действия, получающая свое количественное выражение в постоянной Планка. Исходя из представления о конечности действия, квантовая механика по-своему решает проблему движения, пространства, времени, материи. В квантовой механике нет представления о теле, о частице, подобного представлению ньютоновской механики или физики XIX в. Не только понятие тела, но и понятие движения преобразуется при переходе от обычной механики к квантовой. Квантовая механика не признает абсолютного покоя, допускавшегося если не самой ньютоновской механикой, то ее истолкователями. Квантовая механика утверждает увеличение количества движения и энергии рассматриваемых ею объектов в зависимости от размеров пространственного ограничения, в котором совершается движение. Чем меньше объем пространства, в котором происходит движение, тем больше количество движения и энергия этого движения. Наконец, в квантовой механике, ввиду конечности действия, нельзя применять такие абстрактные понятия ньютоновской механики, как скорость в данной точке. Пересмотру подвергается также понятие ньютоновской механики о траектории движущегося тела, ибо самое понятие тела в старом смысле отпадает, будучи неприменимо в теоретической системе квантовой механики.

Квантовая механика, так же как ньютоновская механика и электродинамика, вращается в области определенных абстрактных представлений. В пределах этих абстрактных представлений квантовая механика со всей конкретностью исследует свой специфический объект — квантово-механические явления в атоме; она достигла в этой области исключительных результатов, составляющих целый исторический этап в развитии физики.

Ньютоновская механика, электродинамика и квантовая механика рассматривают различные проявления единого материального движения.

МАТЕРИАЛИСТИЧЕСКАЯ ДИАЛЕКТИКА И МЕТОД АБСТРАКЦИИ В МЕХАНИКЕ И ФИЗИКЕ

Предметом механики и физики являются более простые формы движения материи, чем те, которые изучаются другими отраслями естествознания. Применение абстракции в механике и физике предполагает отвлечение от значительного количества

свойств объектов природы, изучаемых другими естественнонаучными дисциплинами. Пользуясь такими представлениями о действительности, механика и физика достигли огромных результатов в познании изучаемой ими стороны объективной действительности и в овладении ею.

Попытаемся ответить на вопрос, почему даже при ограниченном, одностороннем изучении пространства, времени, материи (тела, частицы), движения, массы, силы, скорости и т. д. ньютоновская механика и физика XIX в. и современная физика достигли таких огромных результатов.

Источник плодотворности абстрактного, опирающегося на метод анализа и завершающегося методом синтеза подхода к явлениям природы заключается прежде всего в том, что подобный подход отображает некоторые, весьма общие многим телам моменты, свойства, закономерности, оставляя при этом, конечно, в стороне множество других свойств и закономерностей явлений природы.

Кроме того, плодотворность механики и физики заключается в том, что они в той или иной форме опираются на результаты диалектико-материалистического познания действительности. В самом деле, солнечную систему в пределах определенного промежутка времени можно рассматривать как изолированную от Вселенной, как относительно неизменную, отдельные тела которой движутся в предполагаемом пустом пространстве. Тела солнечной системы также могут временно приниматься за относительно неизменные и обладающие весьма немногими связями с другими предметами природы. Энгельс писал: «Как и все метафизические категории, абстрактное тождество годится лишь для *домашнего* употребления, где мы имеем дело с небольшими масштабами или с короткими промежутками времени; границы, в рамках которых оно пригодно, различны почти для каждого случая и обусловливаются природой объекта...»[1].

Однако стоит перейти, например, к вопросу о происхождении солнечной системы, к вопросу о длительности ее существования, о природе массы, о взаимоотношении тел и силовых полей, к вопросу о движении атомов, электронов и других «элементарных» частиц, как мы сталкиваемся с явлениями, которые вскрывают теоретическую ограниченность, односторонность представлений ньютоновской механики, приводят к необходимости создания иных, более конкретных представлений.

Такие, в известном смысле, более конкретные представ-

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1950. стр. 170.

ления дают электродинамика, квантовая механика, «релятивистская» квантовая механика и в особенности космогонические теории.

Встает вопрос: отменяются ли односторонние абстрактные представления при наличии более конкретных? Отменяется ли ньютоновская механика с появлением квантовой механики? Не следует ли вести расчет движения планет солнечной системы, составлять проекты различных наземных построек согласно квантовой механике?

Ответ на эти вопросы может быть только отрицательный. Такой ответ, конечно, не значит, что ньютоновская механика остается незатронутой возникновением новых «механик».

Нужно со всей определенностью сказать, что современная наука не отвергает ограниченного абстрактного анализа, применяемого к рассмотрению отдельных явлений и предметов природы в их относительной изолированности от других предметов и явлений и в их относительной неизменности.

Так, в современной физике заряд электричества рассматривается как (относительно) неизменный, и закон сохранения электрического заряда лежит в основе современной теории электричества. Едва ли найдутся люди, которые стали бы отрицать пользу теории электричества, построенной на представлении о неизменности электрического заряда. И в то же время с положением о неизменности заряда в теории электричества дело обстоит примерно так же, как и с вопросом о неизменности массы в механике Ньютона. Можно думать, что и электрический заряд есть нечто относительно неизменное, возникающее и исчезающее скачком при процессах поглощения и испускания электромагнитного излучения определенной энергии.

Роль односторонних абстрактных форм мышления обнаруживается также при отвлечении от условий всеобщей связи, взаимных переходов, от развития явлений природы. Такое относительное отвлечение играет большую роль в технике, промышленности.

Химическая промышленность стремится к тому, чтобы выход того или иного продукта по возможности приближался к 100% теоретического исхода реакции, т. е. совершался согласно определенному, одностороннему, абстрактному течению химической реакции. Как известно, стоит только немного изменить температуру реагирующих веществ или их концентрацию или давление, при котором происходит реакция, как взаимодействие веществ пойдет по другому, обычно более сложному и совершенно ненужному, более того, вредному для

данного производства пути и приведет производство к потерям, браку и пр.

Есть категория машин, теоретической и практической основой работы которых является принцип неизменности и принцип следования законам элементарной логики. При нарушении этой основы они не могут выполнять своей роли. Это различные вычислительные машины, имеющие огромное значение, например в конструкциях артиллерийских автоматических установок для наводки и стрельбы, а также применяемые в ряде отраслей промышленности, особенно в проектных, конструкторских бюро, счетные машины.

Отвлечение от бесконечно сложной действительности имеет место собственно в формулировке каждого закона физики, механики, более того, всякого закона, поскольку речь идет о законах той или иной отдельно взятой области естествознания. Так, законы механики отображают закономерности более простых форм движения материи, чем законы физики. Предметом физики являются формы материального движения, более простые, чем в химии, и т. д. При этом необходимо подчеркнуть, что законы отображают в явлениях лишь самое общее.

Ленин писал: «...Понятие *закона* есть ***одна*** из ступеней познания человеком *единства* и *связи*, взаимозависимости и цельности мирового процесса... Закон берет спокойное — и поэтому закон, всякий закон, узок, неполон, приблизителен»[1].

Эти «узкие», приблизительные абстракции служат, однако, орудием познания, если при этом руководствоваться материалистической теорией отражения, диалектико-материалистической теорией познания объективной действительности, если не забывать о диалектическом движении относительной истины к абсолютной, если правильность абстракции проверять практикой. «От живого созерцания к абстрактному мышлению *и от него к практике* — таков,— писал Ленин,— диалектический путь познания *истины*, познания объективной реальности»[2].

Если же этот критерий практики забывают или, что еще хуже, отходят от теории отражения в сторону агностицизма и идеализма, то абстрактное мышление делается источником ненаучных выводов. Малейшее преувеличение, субъективизм в истолковании той или иной абстракции тотчас же ведут в болото метафизики, идеализма, мистики, мракобесия.

---

[1] В. И. Ленин. Философские тетради, 1947, стр. 126.
[2] Там же, стр. 146—147.

«Познание человека не есть... прямая линия, а кривая линия, бесконечно приближающаяся к ряду кругов, к спирали. Любой отрывок, обломок, кусочек этой кривой линии может быть превращен (односторонне превращен) в самостоятельную, целую, прямую линию, которая (если за деревьями не видеть леса) ведет тогда в болото, в поповщину (где ее *закрепляет* классовый интерес господствующих классов). Прямолинейность и односторонность, деревянность и окостенелость, субъективизм и субъективная слепота voilà [вот.—*Ред.*] гносеологические корни идеализма»[1].

Пустоцветом поповщины, вырастающим на могучем древе всесильного человеческого познания, являются многие продукты абстрагирующей деятельности буржуазных ученых, враждебных материализму. Советским ученым все время приходится иметь дело с подобными пустоцветами и отсекать их.

Такими пустоцветами являются евгеника, педология, вейсманизм-морганизм — типичные лженаучные измышления современных буржуазных «ученых», разоблаченные и решительно отметенные советскими учеными.

Подобными же фальшивыми, антинаучными абстракциями является вздорная теория расширяющейся, имеющей начало и конец во времени Вселенной, идеалистическая трактовка пространства, времени, одновременности, проповедуемая Эйнштейном, принцип дополнительности Бора-Гейзенберга, а также представление о резонирующих структурах в так называемой теории резонанса, не соответствующие ничему объективно существующему в природе.

Сила абстрактного мышления не в отрыве от действительности, а в приближении к ней, во все более точном отображении ее.

Итак, современная наука и техника не отвергают односторонних абстракций, применяемых в физике и механике. При рассмотрении отдельных процессов или сторон явлений природы наука сознательно отвлекается от связи их с другими процессами или сторонами явлений природы, когда это оправдывается всем ходом дела, характером стоящей перед наукой задачи.

Спрашивается, как должны расцениваться ограниченные, элементарные продукты мышления с позиций материалистической диалектики?

Материалистическая диалектика не есть нечто свалившееся с неба в готовом виде. Она представляет собой продукт долгого исторического развития, высшую ступень в развитии мышления.

---

[1] Там же, стр. 330.

Как существование человека не отменяет существования менее развитых видов животных, так и материалистическая диалектика не отрицает существования более простых форм мышления. Материалистическая диалектика повисла бы в воздухе, если бы отрицала наличие элементарных форм мышления.

Но как развитие низших форм жизни мы можем понять правильно, лишь пользуясь методом материалистической диалектики, так и развитие низших форм мышления совершается согласно законам материалистической диалектики. Диалектика присуща всему познанию человечества.

Значение материалистической диалектики не только в том, что она обобщила успехи науки в познании природы и была распространена на область общественных явлений, но и в том, что она применила исторический метод к самому мышлению. Энгельс писал: «...Наука о мышлении, как и всякая другая наука, есть историческая наука, наука об историческом развитии человеческого мышления»[1].

Мышление проходит различные ступени развития. Переход низших форм мышления к более высоким разъяснила впервые именно материалистическая диалектика.

Мы уже отметили выше, что ньютоновская механика исходит из представления о неизменности массы, что электродинамика исходит из положения о неизменности электрического заряда. При такой трактовке массы и заряда механика и физика еще не выходят за пределы низших форм мышления.

Вообще говоря, поскольку каждое явление природы или общества может быть рассматриваемо под углом зрения относительной неизменности, постольку имеет место применение односторонних форм мышления.

Однако стоит пошире взглянуть на любое явление, исследовать его под углом зрения наличия в нем противоречий развития, как мы тотчас же убеждаемся в ограниченности односторонних методов мышления, в необходимости применения материалистической диалектики. Так, любое суждение и умозаключение обнаруживают единство противоположностей общего и единичного. Масса в механике больших скоростей оказывается изменчивой. В органической химии соединение атомов в молекуле рассматривается уже не с точки зрения простого сложения свойств неизменных атомов, а с точки зрения взаимного влияния их друг на друга, выражаемого более сложным законом, чем простая суперпозиция свойств.

---

[1] Ф. Энгельс. Анти-Дюринг, 1950, стр. 311.

Так дело обстоит во всех случаях, если их рассматривать не упрощенно.

«Пока мы рассматриваем,— писал Энгельс,— вещи как покоящиеся и безжизненные, каждую в отдельности, одну рядом с другой и одну вслед за другой, мы, разумеется, не наталкиваемся ни на какие противоречия в них. Мы находим здесь определенные свойства, которые частью общи, частью различны или даже противоречат друг другу, но в этом последнем случае они распределены между различными вещами, так что не содержат внутри себя никакого противоречия. Поскольку наше наблюдение остается в этих пределах, мы обходимся также обычным, метафизическим способом мышления. Но совсем иначе обстоит дело, когда мы начинаем рассматривать вещи в их движении, в их изменении, в их жизни, в их взаимном воздействии друг на друга. Здесь мы сразу наталкиваемся на противоречия. Движение само есть противоречие; уже простое механическое перемещение может осуществиться лишь в силу того, что тело в один и тот же момент времени находится в данном месте и одновременно — в другом, что оно находится в одном и том же месте и не находится в нем. Постоянное возникновение и одновременное разрешение этого противоречия — и есть именно движение.

Здесь перед нами, следовательно, противоречие, которое „существует в самих вещах и процессах объективно и может быть обнаружено, так сказать, в телесной форме“»[1].

Следовательно, и механика и физика не смогут, по существу, сделать и шага, если они ограничатся применением лишь односторонних методов мышления. Механика и физика не могут успешно развиваться без сознательного применения материалистической диалектики.

Из того факта, что в определенных узких пределах обнаруживают свою плодотворность односторонние абстракции, не следует, что в этих узких рамках можно забыть о всеобщей значимости материалистической диалектики.

Такое «забвение» имело место, пока наука развивалась в теоретическом отношении стихийно. Материалистическая диалектика, созданная Марксом и Энгельсом и развитая далее Лениным и Сталиным, внесла свет в процесс теоретического развития науки, сделала возможным сознательно руководить применением мышления к эмпирически получаемым данным. Вместе с тем были созданы все теоретические предпосылки для полного

---

[1] Ф. Энгельс. Анти-Дюринг, 1950, стр. 113.

разгрома метафизики, идеалистического извращения процессов мышления, роли абстракции.

Однако и до сих пор еще не покончено с метафизикой и идеалистическим истолкованием научного познания, поддерживаемыми идеологами современной империалистической буржуазии, хотя метафизика и идеализм явно тормозят развитие науки.

Выше мы говорили, что одним из основных воззрений механики Ньютона является представление о неизменности массы тел. Это представление, относительно справедливое для обычных скоростей движения, присущих макроскопическим телам, было возведено во всеобщий принцип природы и долго мешало установлению современных воззрений на массу.

Точно так же ньютоновские представления о пространстве, времени и движении, в известном отношении справедливые в применении к движению тел солнечной системы, к движению обычных макроскопических тел, обнаруживают свою ограниченность и философскую порочность уже в области электродинамики и квантовой механики.

Тем не менее именно эти воззрения имеют в виду такие «физические» идеалисты, как Н. Бор и В. Гейзенберг, когда они говорят, что пространственно-временны́е представления не применимы к объектам, рассматриваемым квантовой механикой. Разделяя ложное воззрение относительно всеобщей философской значимости ограниченных по своему существу ньютоновских представлений о пространстве, времени, движении, Бор и Гейзенберг утверждают, что электроны не обладают той же степенью реальности, какой обладают обычные тела, что пространственно-временны́е представления к ним не применимы. Следовательно, возведение ньютоновских односторонних абстрактных понятий пространства и времени в ранг понятий, применимых ко всем формам действительности, служит Бору и Гейзенбергу для того, чтобы вообще отвергать объективность пространства и времени как коренных форм существования материи, чтобы нападать на научное, материалистическое мировоззрение.

Самым распространенным метафизическим и идеалистическим заблуждением современных буржуазных ученых и их приспешников является антинаучное истолкование абстракции. Буржуазные философствующие ученые не видят и не хотят видеть диалектики суждений, умозаключений, отрывают анализ от синтеза, противопоставляют общее единичному и частному. Они рассматривают развитие абстрактного мышления как процесс все большего и большего обеднения мышления, отхода от его реальной действительности.

Такую явно идеалистическую, антинаучную точку зрения открыто развивает Эйнштейн. О геометрии, например, он писал: «Геометрия имеет дело с объектами, обозначаемыми словами: прямая, точка и т. д. При этом не предполагается какого-либо знания или представления этих предметов, наоборот, значение их чисто формальное, т. е. аксиомы лишены всякого видимого и жизненного содержания... Эти аксиомы — свободные создания человеческого духа... Математика, как таковая, ничего не может нам сказать ни о представляющихся нам предметах, ни о действительно существующих предметах... Я придаю особое значение такому пониманию Геометрии,— без него мне бы не удалось создать Теорию Относительности»[1].

Столь же откровенно антинаучную, идеалистическую точку зрения на абстракцию защищает и Гейзенберг. Историю физики он изображает как процесс все большего и большего отхода от реальной действительности, как процесс все большего и большего обеднения нашего познания природы. Так, у него мы читаем: «Чем далее простирается область, которую делает доступной нам физика, химия и астрономия, тем более имеем мы обыкновение слова «объяснение природы» заменять более скромными словами «описание природы», тем более делается ясно, что при этих успехах речь идет не о непосредственном знании, но об аналитическом понимании. С каждым большим открытием — и это особенно можно проследить в современной физике — претензии естествоиспытателей на понимание мира в первоначальном смысле делаются все меньшими».

И далее у того же Гейзенберга читаем: «От атома современной физики отвлечены *все* качества, и *непосредственно* ему не присущи вообще никакие материальные свойства; это значит, что всякий образ, который могло бы создать об атоме наше представление, является тем самым ложным»[2].

Так смотрят на процесс познания вообще, на абстракцию в частности, столпы современной буржуазной науки Эйнштейн и Гейзенберг. Всякому здравомыслящему человеку ясно, что сейчас мы более чем когда-либо располагаем доказательствами того, что геометрия есть отображение пространственных отношений действительности, что современные представления об атоме значительно более конкретны, чем столетие назад, ибо мы теперь знаем внутреннее строение атома и умеем использовать атомную энергию. Люди же, подобные Эйнштейну или

---

[1] А. Эйнштейн. Геометрия и опыт. 1922, стр. 5—8.

[2] W. Heisenberg. Zur Geschichte der physikalischen Naturerklärung. Сб. «Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft», 1935, стр. 36 и 43.

Гейзенбергу, затемняют эти бесспорные истины в интересах укрепления идеологии современных «цивилизованных» разбойников.

Метод материалистической диалектики — единственный научный метод. Но какие моменты этого метода, когда и в какой форме нужно применять в данном конкретном случае при анализе данной проблемы, может показать лишь научный разбор этой проблемы и конкретного материала, относящегося к ней.

Ленин подчеркивал, что образчиком материалистической диалектики является умение Маркса и Энгельса «выдвинуть на первый план и подчеркнуть различные пункты, различные стороны вопроса в применении к конкретным особенностям тех или иных политических и экономических условий»[1].

В самом марксизме в различные исторические моменты различные стороны выдвигаются на первый план, становятся преобладающими. Ленин писал: «...Не от субъективных желаний, а от совокупности исторических условий зависит *преобладание интереса* к той или другой стороне»[2].

Эти положения справедливы, конечно, и при исследовании природы.

Энгельс писал: «Для каждого вида предметов, как и для каждого вида представлений и понятий, существует, следовательно, свой особый вид отрицания, такого именно отрицания, что при этом получается развитие. В исчислении бесконечно-малых отрицание происходит иначе, чем при получении положительных степеней из отрицательных корней. Этому приходится учиться, как и всему прочему. С одним знанием того, что ячменный колос и исчисление бесконечно-малых охватываются понятием „отрицание отрицания", я не смогу ни успешно выращивать ячмень, ни диференцировать и интегрировать, точно так же, как знание одних только законов зависимости тонов от размеров струн не дает еще мне умения играть на скрипке»[3].

Как известно, талмудисты и вульгаризаторы в языкознании утверждали, что в развитии языка имеются взрывы. И. В. Сталин доказал, что поиски взрывов в развитии языка являются антимарксистскими.

Следовательно, механическое перенесение отдельных положений диалектического материализма на какую-либо область

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 12, стр. 322.
[2] В. И. Ленин. Соч., т. 17, стр. 54.
[3] Ф. Энгельс. Анти-Дюринг, 1950, стр. 133—134.

жизни без глубокого ее изучения может привести к лженаучным выводам.

Материалистическая диалектика дает возможность понять, когда и какие формы мышления, какие приемы метода следует применять. Применение односторонних форм мышления не влечет за собой опасности впасть в метафизику, если тот, кто употребляет их, помнит о безусловной непререкаемости и истинности законов, категорий, выражающих всеобщую связь, взаимные переходы и развитие явлений, предметов природы, если те или иные представления о «неизменности» рассматриваются как относительные, справедливые лишь для определенных абстрактных условий.

Понимание этих условий и относительной истинности ограниченных представлений о тех или иных явлениях природы доступно, однако, лишь людям, овладевшим методом материалистической диалектики. Ученые капиталистических стран, стоящие на почве буржуазного мировоззрения, не только не понимают ограниченности односторонних абстрактных представлений механики и физики, но возводят эти односторонние представления в ранг всеобщих законов природы.

В результате долгого господства буржуазного мировоззрения естественно-научные дисциплины засорены множеством метафизических, лженаучных представлений, тормозящих развитие науки.

Позволительно в пределах кинематики отвлекаться при изучении движения тел от всего, даже от массы. Позволительно в пределах динамики рассматривать пространство и время как нечто внешнее по отношению к движущимся телам, а массу как неизменную. Позволительно в пределах электродинамики отвлекаться от происхождения и изменения электрического заряда. Одним словом, позволительно изучать то или иное отдельное проявление всеобщего материального движения в пределах определенных ограниченных представлений. Но непозволительно эти отдельные проявления материального движения отождествлять со всей совокупностью проявлений объективной действительности, непозволительно односторонние представления о материи, движении, пространстве и времени в ньютоновской механике, в электродинамике или в квантовой механике отождествлять с общими положениями диалектического материализма о материи, движении, пространстве и времени, являющимися обобщением изучения всей материальной действительности во всех ее проявлениях. Ход познания в ньютоновской механике, электродинамике, квантовой механике совершается диалектически и подтверждает материалистическую

диалектику. Однако представления ньютоновской механики, электродинамики или квантовой механики являются односторонними; материя, движение, пространство и время в этих дисциплинах рассматриваются в более элементарном проявлении, чем, скажем, в химии, биологии. Диалектический материализм на основе обобщения результатов изучения всей объективной действительности во всем ее многообразном проявлении как в природе, так и в обществе развил конкретные воззрения на материю, движение, пространство, время и т. д. По отношению к этим воззрениям представления механики и физики являются частными. Эти частные представления могут быть правильно оценены лишь на основе обобщенного познания всей действительности, даваемого диалектическим материализмом.

Суть материалистической диалектики в ее коренной противоположности всякой метафизике, в ее непримиримой враждебности к догматизму, окостенелости, успокоенности, слепоте по отношению ко всему новому. Материалистическая диалектика, борясь с метафизикой, учит видеть всеобщую связь, взаимные переходы явлений, развитие от простого к сложному на основе борьбы противоположностей.

Будучи враждебной всяческой метафизике и догматизму, материалистическая диалектика не есть собрание каких-то готовых правил, рецептов, схем, категорий, которые остается только приложить или раскрыть на материале современной науки. Попытка подгонять явления той или иной области природы под какие-нибудь схемы есть злостное извращение материалистической диалектики, прикрываемое словесным ее признанием. Такого рода подход породил пустые разговоры о «диалектике» дизеля, кузнечного дела и т. п.

Мы имеем перед собой великий пример применения материалистической диалектики к решению конкретных вопросов в деятельности товарища Сталина. Его многочисленные выступления на партийных съездах, конференциях, на различных собраниях, заседаниях, в печати и т. д., его гениальные решения великих исторических задач построения социализма и постепенного перехода к коммунизму в СССР всегда и неизменно опирались на анализ конкретной обстановки, конкретного хода исторического процесса, конкретного состояния того или иного вопроса. Все работы товарища Сталина — ярчайший пример несокрушимой силы материалистической диалектики.

Товарищ Сталин учит тому, чтобы выводы вытекали из конкретного анализа реальных явлений. Это требование справедливо и в отношении применения материалистической диалек-

тики в естествознании. Еще Энгельс писал, что «надо исходить из данных нам *фактов*, стало быть, в естествознании — из различных предметных форм и различных форм движения материи, и что, следовательно, также и в теоретическом естествознании нельзя конструировать связей и вносить их в факты, а надо извлекать их из фактов и, найдя, доказывать их, насколько это возможно, опытным путем»[1].

Ярчайшим примером того, как нужно применять материалистическую диалектику для развития передовой науки, является борьба, проведенная партией большевиков за мичуринскую агробиологию, павловскую физиологию, передовое учение о клетке, передовую микробиологию, передовое языкознание.

---

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1950, стр. 26.

II

Н. В. МАРКОВ

ЗНАЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ Н. И. ЛОБАЧЕВСКОГО ДЛЯ РАЗВИТИЯ ФИЗИКИ

До середины XIX в. физика и геометрия знали только одно понимание пространства — пространства как некоторого независимого от материи вместилища, в котором совершается механическое движение материи. Такое понимание пространства нашло законченное выражение в ньютоновской концепции абсолютного пространства и абсолютного времени, изложенной в его основном труде «Математические начала натуральной философии» (1687).

Ньютон понимает пространство, время, движение материалистически, т. е. считает их не зависящими от сознания, обладающими атрибутами, которые могут и должны быть познаны. В связи с этим находится решение им проблемы, которую он выдвигает на первое место, как центральную, основную,— решение проблемы различения истинных и кажущихся движений.

Ньютон понимает пространство, время, движение метафизически, ибо:

а) пространство, время и движение он рассматривает не как внутренне присущие материи формы существования, а как внешние по отношению к материи, органически не связанные с материей и друг с другом, самостоятельные, независимые сущности;

б) пространство и время рассматриваются им как некие внешние формы, вместилища, в которых находится и механически движется материя; формы эти вне- и рядоположны по отношению к материи и друг другу, от материи и движения не зависят; они сосуществуют с материей, но могут существовать и без материи, без материального движения;

в) пространство, время и движение рассматриваются им не только как независимые, самостоятельные сущности, но и как сущности абсолютно неизменные, всегда одинаковые, всегда самим себе равные; движение не переходит из одной

формы в другую, оно — однокачественно; время течет всюду одинаково, всюду обладает одними и теми же свойствами; пространство всегда и всюду одинаково, обладает одними и теми же свойствами, моноструктурно, однокачественно, однородно.

С точки зрения Ньютона свойства пространства во всех частях бесконечного пространства одинаковы. Выражением этих вечных, абсолютных свойств пространства являются положения эвклидовой геометрии. Эти положения незыблемы, они представляют собой истину в конечной инстанции. Пространство всюду и всегда имеет одну объективную геометрию, множества объективных геометрий быть не может.

Задача науки, изучающей механическое движение, с точки зрения Ньютона, в том именно и состоит, чтобы выработать приемы нахождения истинных движений тел по причинам, их производящим, или по их проявлениям (проявлениям истинных движений), а также приемы нахождения по истинным или кажущимся движениям их причин и проявлений. Ньютон в этой связи указывает на то, что астрономия была поставлена на научную основу великим открытием Николая Коперника, который установил, что движение Земли по замкнутой кривой вокруг Солнца есть истинное движение, а суточное движение Солнца по небосводу есть кажущееся движение.

Первым большим шагом вперед в учении о пространстве и в преодолении воззрений Ньютона явились работы великого русского математика Н. И. Лобачевского. Он исследовал только одну сторону реального пространства — геометрическую, но в этих узких пределах весьма глубоко проанализировал органическую связь пространства и материи и одновременно с этим и именно поэтому открыл неэвклидову геометрию.

На этом пути он обнаружил и исследовал зависимость от материи геометрической стороны пространственной формы ее и на этой основе сформулировал ряд идей, имеющих огромное значение для физико-математических наук. Свое понимание пространства Лобачевский изложил наиболее полно в главном труде «Новые начала геометрии с полной теорией параллельных» (1835—1838).

С точки зрения Лобачевского геометрия есть наука, имеющая своим предметом реальное пространство; она изучает свойства и закономерности пространства. Отправным пунктом геометрии, по Лобачевскому, являются реальные тела природы, у которых эта наука оставляет только геометрические свойства, отвлекаясь от всех остальных свойств их.

Результат такого отвлечения есть геометрическое тело. Геометрическое тело — это реальное физическое природное

тело, от которого отняты все свойства, кроме геометрических. Совокупность всех геометрических тел природы и есть, по Лобачевскому, пространство. Но геометрические тела не существуют в природе сами собой, вне и без физических тел, поэтому пространство не существует само собой, отдельно, вне и без материи. Геометрические свойства материальных тел, указывает Лобачевский, находятся в зависимости от физических свойств этих тел; закономерности, изучаемые физикой, являются основой для закономерностей, изучаемых геометрией. Геометрия дает свои законы, имея в виду не конкретные предметы, а геометрические тела. Нет геометрии отдельных тел, есть геометрия пространства. Лобачевский исходит из зависимости геометрического от физического, следовательно, пространство понимается им как форма существования геометрических тел природы.

Лобачевский ввел в геометрию оружие огромной силы — изучение объективной геометрии пространства в причинной связи с физическими условиями существования реальных тел природы.

Тела существуют в пространстве, пространство существует в телах и через тела. «Часть чистой Математики, в которой предписываются способы измерять пространство, называется *Геометриею*»[1]. Протяжение есть свойство тел быть разделяемыми поступательными сечениями. Поступательные сечения «назначают *протяжение*, по которому тело простирается до бесконечности, когда непрестанно прибавляем от окружного пространства новые части, неприкосновенные через одну» [2].

Еще раз подчеркиваем, что Лобачевский рассматривает только одну сторону реального пространства — геометрическую. Поэтому определение пространства, даваемое им,— одностороннее определение.

Геометрическое тело — это реальная абстракция, но геометрическое тело так же объективно, как объективно свойство физических тел, называемое прикосновением. Абстрагировать не значит уничтожить, а значит: рассматривая, исследуя одно, не принимать во внимание другое (причем опыт, практика указывают нам пределы, до которых может и должна итти абстракция). В природе самостоятельно существуют только тела, но не существуют точки, линии, поверхности, плоскости; они принадлежат телу. Говоря о поверхности, линии и точке, Лобачевский обращает внимание только на прикосновение двух

---

[1] Н. И. Лобачевский. Полн. собр. соч., т. 2, 1949, стр. 43.
[2] Там же, стр. 170.

тел; это значит, что он допускает все изменения в этих телах, которые не лишили бы их прикосновения и не придавали бы имеющемуся прикосновению новый характер.

Лобачевский считает, что геометрические свойства тел познаются при измерении тел, а измерение тел производится посредством сечений. Поэтому сечения служат «основанием геометрии»,— говорит Лобачевский.

Каждое тело имеет поверхность, вернее, отграничено от других тел поверхностью. Поверхности тел, в сущности, их сечения. Части тел и сами тела, соприкасаясь, составляют непрерывную протяженность. Прикосновение всякого тела к окружающему пространству производит поверхность, которая ограничивает тело. Соединение двух тел в одно является вместе с тем сечением в этом одном. Задача геометрии — дать способы измерения тел, поверхностей, линий. Реальная возможность получения тех или иных сечений зависит от природы объекта, который сечется. Сечение может быть получено только такое, какое задает сам объект. Субъективизма, произвола здесь нет. Открываемые геометрией свойства геометрических тел не существуют лишь в нашем рассудке, не привносятся познающим рассудком в мир тел в качестве упорядочивающего закона, а находятся в самих телах и существуют в них независимо от познания.

Лобачевский учит, что пространство бесконечно, бесконечность пространства есть выражение бесконечности материи, безграничности и бесконечности Вселенной. Там, где есть материя, вещество, тела, там есть пространство. Лобачевский связывает свои определения поверхности, линии и точки с тремя главными сечениями, т. е. с трехмерностью реального пространства.

* * *

Учение Лобачевского о пространстве знаменует собой новую веху в развитии математического естествознания. Оно положило основу бурного развития геометрии, механики и физики по линии познания свойств пространства.

Вот формулировка существа геометрического учения Лобачевского, данная им самим в знаменитом «Вступлении» к его основному труду «Новые начала геометрии».

«В природе мы познаем собственно только движение (материи.— *Н. М.*), без которого чувственные впечатления невозможны. Итак, все прочие понятия, например, Геометрические, произведены нашим умом искусственно, будучи взяты в свой-

ствах движения; а потому пространство, само собой, отдельно для нас не существует. После чего в нашем уме не может быть никакого противоречия[1], когда мы допускаем, что некоторые силы в природе следуют одной, другие своей особой Геометрии. Чтобы пояснить эту мысль, полагаем, как и многие в этом уверены, что силы притягательные слабеют от распространения своего действия по сфере. В употребительной Геометрии величину сферы принимают $4\pi r^2$ для полупоперечника r, от чего сила должна уменьшаться в содержании к квадрату расстояния. В воображаемой Геометрии [2] нашел я поверхность шара $\pi(e^r, - e^{-r})^2$, и такой Геометрии, может быть, следуют молекулярные силы, которых за тем все разнообразие будет зависеть от числа e, всегда весьма большого...[3] Но в том однакож нельзя сомневаться, что силы всё производят одни: движение, скорость, время, массу, даже расстояния и углы. С силами всё находится в тесной связи, которую не постигая в сущности, не можем утверждать, будто в отношение разнородных величин между собою должны только входить их содержания. Допуская зависимость от содержания, почему не предполагать и зависимости прямой?[4].

Некоторые случаи говорят уже в пользу такого мнения: величина притягательной силы, например, выражается массою, разделенной на квадрат расстояния. Для расстояния нуль это выражение, собственно, ничего не представляет. Надобно начинать с какого-нибудь, большого или малого, но

---

[1] Т. е. после того, как установлено, что геометрические понятия берутся в свойствах материального движения, а само пространство не существует отдельно от материи.— *Н. М.*

[2] «Воображаемой Геометрией» Лобачевский называл открытую им неэвклидову геометрию. В последней своей работе «Пангеометрия» (1855) Лобачевский отказывается от названия «Воображаемая Геометрия», как не вполне удачного, и вводит для обозначения созданной им неэвклидовой геометрии термин «пангеометрия», т. е. всеобщая геометрия.— *Н. М.*

[3] Здесь под e понимается некоторая линейная константа неэвклидовой геометрии Лобачевского.— *Н. М.*

[4] Речь идет здесь о важнейшем положении эвклидовой геометрии, названном французским геометром Лежандром «принципом однородности». В эвклидовой геометрии углы в треугольнике зависят только от отношения сторон; иными словами, в ней существуют подобные и в то же время не равные треугольники. В геометрии Лобачевского существует «прямая» зависимость отрезка и угла (отрезок и угол — величины разнородные, и тем не менее величина отрезка может полностью определяться величиной некоторого угла), стороны треугольника вполне определяются его углами. Слово «содержание» Лобачевский употребляет в смысле слова «отношение», а слово «отношение» — в смысле «связь», «зависимость».— *Н. М.*

всегда действительного расстояния... Но когда верно, что силы зависят от расстояния, то линии могут быть также в зависимости с углами. По крайней мере разнородность одинакова в обоих случаях, которых различие не заключается собственно в понятии, но только в том, что мы познаем одну зависимость из опытов, а другую при недостатке наблюдений должны предполагать умственно, либо за пределами видимого мира[1], либо в тесной сфере молекулярных притяжений [2].

Как бы то ни было, но предположение, что содержание только расстояний может определять углы, будет частный случай... Способ употребительной Геометрии приводит, следовательно, всегда к заключениям верным, однакож не в таком обширном виде, в каком дает их общая Геометрическая система, которую назвал я *Воображаемая Геометрия*»[3].

Лобачевский указывает, что нельзя утверждать, что разнородные величины, каковыми являются линии и углы, не могут находиться в прямой зависимости, а могут находиться в зависимости только их отношения; это фактически и постулируется эвклидовой геометрией. Наоборот, есть все основания утверждать, что в определенных физических условиях линии и углы находятся в природе в прямой зависимости; опытное подтверждение этого есть только дело времени.

Материя, в силу своего внутреннего движения, изменяет в определенном отношении массы тел, скорости, расстояния и углы.

По Лобачевскому, некоторые, вполне определенные материальные «силы» создают в природе одну геометрию, другие — другую, третьи — третью и т. д. Эти геометрии различаются тем, что некоторая определенная линейная константа (постоянная) в каждой геометрии своя, отличная от константы другой геометрии. Лобачевский предполагает, что в микромире

---

[1] Т. е. за пределами доступной нам при помощи телескопа части Вселенной.— *Н. М.*

[2] Лобачевский считает зависимость углов и линий такой же материальной, физической зависимостью, как и зависимость силы тяготения от расстояния. Геометрия и механика, по учению Лобачевского, лишь два аспекта одной и той же материальной действительности; соотношению между силами и расстояниями, отражаемому физикой (механикой), соответствует в геометрии соотношение между углами (направлениями в пространстве) и линиями (сторонами углов). «Тесной сферой молекулярных притяжений» Лобачевский называет то, что мы сейчас называем микромиром.— *Н. М.*

[3] Н. И. Лобачевский. Полн. собр. соч., т. 2, 1949, стр. 158—160.

действует несколько геометрий, отличающихся друг от друга величиной этой постоянной.

Реальное пространство едино, ибо оно есть форма существования единой материи. Но отдельные части реального пространства имеют разные свойства, имеют разные геометрии. В то же время пространство есть целое, слагающееся из этих своих частей. Пространство неоднородно, разносвойственно в разных частях, дискретно; и в то же время оно непрерывно, сплошно, имеются переходы от одной части пространства к другой, от одной геометрии к другой. Бесконечное пространство (ибо материя бесконечна) имеет бесконечное число частей, а следовательно, бесконечное число качественно различных геометрий. Пространство имело бы одну геометрию, если бы оно было самостоятельным, независимым, оторванным от материи, однородным пространством. Каждая из бесконечного числа качественно различных частей пространства имеет свою собственную качественно специфическую геометрию. Две разные части пространства имеют одинаковые геометрии, если одинаковы материальные объекты, определяющие геометрию этих частей пространства.

Материя и пространство едины, пространственные свойства суть свойства именно материи, а не чего-то другого. Геометрические свойства — одна сторона единого процесса движения, развития материи, идущего в пространстве и во времени.

Современная физика микромира подтвердила глубочайшую правильность положения Лобачевского о зависимости от «сил» скорости движения, течения времени, величины массы.

Уровень физических знаний того времени не давал возможности Лобачевскому проанализировать, конкретно установить геометрообразующую роль определенных материальных «сил». Лобачевский вполне конкретно рассматривает только одну из этих «сил» — силу тяготения. Изучение тяготения привело Лобачевского к выводу, что геометрия пространства теснейшим образом связана с характером полей тяготения. Но Лобачевский не считает тяготение единственным геометрообразующим фактором, а лишь компонентом.

Заслуживает самого пристального внимания мысль Лобачевского, что те же самые «силы», которые определяют массу тела, движение тела (и скорость движения), течение времени, определяют расстояния и углы, т. е. геометрию тела.

Лобачевский утверждает не только то, что скорость движения, величины масс, расстояния и углы производятся одним и тем же, но и то, что между этими разнородными величинами

существует не только опосредованная зависимость, но и непосредственная, не только зависимость отношений, но и зависимость прямая. В центре внимания всех исследований Лобачевского стоит вопрос о прямой зависимости между расстояниями (линиями) и углами.

Поскольку и расстояния и углы определяются, производятся, создаются одними и теми же факторами, постольку изменения одного из этих элементов в определенных физических условиях с необходимостью ведут к соответствующим изменениям другого элемента. Следовательно, в этом случае взаимозависимость эта может быть определена и выражена таким образом, который позволит при заданном изменении одного элемента определить, найти соответствующее изменение другого элемента этой взаимозависимости.

Установление прямой, непосредственной взаимозависимости отрезков (линий — по терминологии Лобачевского) и углов представляет собой центральное звено великого открытия Лобачевского в геометрии.

Можно дать такую формулировку этого принципа взаимозависимости: существует такая (обратимая) зависимость, связывающая отрезок и угол, которая позволяет полностью определить отрезок, задав только угол.

«Главное заключение, к которому пришел я с предположением зависимости линий от углов, допускает существование Геометрии более в обширном смысле, нежели как её представил нам первый Евклид. В этом пространном виде дал я науке название *Воображаемой Геометрии*, где как частный случай входит *Употребительная Геометрия*»[1].

Лобачевский считал, что разные формы материи создают пространство с разными свойствами и закономерностями, с разными геометриями. Геометрия объектов микромира иная, чем геометрия космических объектов. Те причины, которые создают разные геометрии объекта, создают и разное по свойствам и закономерностям течение времени и разную механику объектов[2].

Открытая Лобачевским взаимозависимость отрезка и угла есть конкретное выражение связи свойств пространства и структуры материи, выражение зависимости геометрии пространства от физики движущейся материи. При некоторых, вполне определенных физических условиях определенному углу соответствует не какой угодно, а определенный отрезок,

[1] Н. И. Лобачевский. Соч., т. 2, стр. 147.
[2] См. Н. И. Лобачевский. Соч., т. 1, стр. 261; т. 2, стр. 159—160.

и наоборот. Углы и отрезки, присущие материальным телам, в силу физической природы этих тел, находятся тогда в определенной связи, зависимости.

Принцип зависимости свойств и закономерностей пространства от структуры материи положен в основу геометрического учения Лобачевского; принцип прямой взаимозависимости угла и отрезка является производным от этого принципа. Известно, что французский геометр Лежандр считал связь отрезка и угла, возникающую при допущении, что сумма внутренних углов треугольника меньше двух прямых, противоестественной, противоречащей здравому смыслу, противоречащей геометрии и природе.

Лежандр стоял на точке зрения независимости пространства, его свойств от материи, независимости геометрических свойств объекта от физических свойств объекта, поэтому понятно, что возникшая в результате гипотетического допущения связь отрезка и угла была немедленно и решительно отвергнута им как противоестественная.

Узаконить связь отрезка и угла и положить ее в основу геометрии можно только при твердом убеждении, что пространство и его свойства, отражением коих является геометрия как наука, зависят от материи, от физической сущности тел, создающих и несущих на себе определенную геометрию.

Лобачевский исходил из того, что зависимость углов и линий (расстояний) есть зависимость материальная, физическая. Природа этой зависимости может быть раскрыта лишь методами физики (подобно другим физическим законам). Поэтому он и считает, что зависимость линий и углов принципиально ничем не отличается от зависимости силы тяготения от расстояния, выражаемой ньютоновским законом тяготения. Больше того, по Лобачевскому тяготение связано с образованием линий и углов, поскольку одни и те же «силы» создают массы, расстояния (линии) и углы.

Геометрические свойства тел нельзя рассматривать изолированно от негеометрических свойств тел (от физико-химических свойств тел). Физико-химические и геометрические свойства тел составляют единый комплекс, единую систему взаимозависимостей, поэтому нельзя тело наделить произвольными геометрическими свойствами при данной физической природе его. Геометрический аспект есть только одна сторона целого, сторона подчиненная, зависимая, сторона единого физико-математического аспекта. Геометрия — такая же опытная в своих основах наука, как и механика, физика, химия, т. е. как все естествознание.

Допущение прямой взаимозависимости углов и расстояний, как физического факта, ведет к принципиальным изменениям в учении о параллельности. Существовавшая до великого открытия Лобачевского теория параллельных линий принципиально отвергала прямую зависимость угла и отрезка (расстояния). В геометрии Эвклида углы в треугольнике полностью определяются его сторонами, но углами не определяются его стороны.

Допущение прямой взаимозависимости углов и расстояний ведет к допущению зависимости суммы внутренних углов треугольников от длины сторон треугольников, т. е. ведет к признанию того, что сумма внутренних углов треугольников не есть величина постоянная, равная двум прямым углам, а есть величина переменная. При увеличении сторон треугольника эта сумма уменьшается.

Допущение прямой взаимозависимости углов и расстояний ведет к признанию существования в реальном пространстве некоторой определенной постоянной по длине прямой линии, характеризующей данное пространство и геометрию, имеющую место в этом пространстве. Многообразие геометрий зависит от многообразия значений этой величины.

Взаимозависимость углов и расстояний в геометрии Лобачевского конкретно выражается как взаимозависимость углов параллельности и соответствующих перпендикуляров. Эту взаимозависимость Лобачевский открыл, детально исследовал и дал точную количественную формулу, выражающую эту зависимость, формулу, лежащую в основе изучения метрических отношений пространственных форм.

Лобачевский писал:

«*Линии, выходя из одной точки, либо пересекают данную прямую в той же плоскости, либо никогда с ней не встречаются, сколько бы ни продолжались. Надобно, следовательно, различать между такими линиями в отношении к одной данной: встречные или сводные и невстречные или несводные, к которым принадлежат параллельные, составляя переход от одних к другим — разводным. Две параллельные к данной разделяют плоскость на четыре части: в двух противоположных заключаются сводные, в двух остальных — разводные линии*»[1].

«Наклонение линии к опущенному перпендикулу на другую, с первой параллельную, будем называть *угол параллельности к этому перпендикулу*. Самый угол означим $П(p)$, когда p — перпендикул» (стр. 268).

[1] Н. И. Лобачевский. Соч., т. 2, стр. 266.

«В Употребительной Геометрии принимают угол параллельности постоянно прямым, между тем, этот угол можно полагать также переменным в *общей* или *Воображаемой Геометрии*, которая будет обнимать Употребительную Геометрию, как частный случай, однако же единственный, какой только нам открывают измерения на самом деле» (стр. 277).

«Под этим видом параллельность уже рассматривается во всей обширности. Евклид, не будучи в состоянии дать удовлетворительное доказательство, допускал в Употребительной Геометрии тот частный случай, когда две параллельные должны быть вместе перпендикулами к одной прямой. Евклидовы последователи затрудняли только предмет дополнительными положениями, либо произвольными, либо совсем темными, стараясь убеждать в справедливости принятой истины, которую по существу самой Геометрии доказывать невозможно» (стр. 267).

Для Лобачевского вопрос о параллельных не есть вопрос изолированный, самодовлеющий, а есть вопрос об одном из геометрических свойств тел, который не может быть правильно решен без учета других геометрических свойств тел. Для Лобачевского параллельность есть объективно реальный, а не только мыслительный факт. То или иное решение проблемы параллельности по существу самой геометрии доказать в пределах геометрии невозможно, ибо этот вопрос выходит за рамки компетенции собственно геометрии, он принадлежит физико-геометрии.

В геометрии Лобачевского теория параллельных линий есть производное от учения о прямой взаимозависимости отрезков и углов.

Лобачевский приходит к выводу, что общим законом является закон прямой взаимозависимости углов и расстояний (линий, отрезков), а зависимость углов лишь от отношения расстояний (отрезков) есть частное проявление этого закона. Лобачевский считает, что общим законом является закон изменяемости углов параллельности в пределах 0—90°, а существование только прямых углов параллельности есть частный случай этого общего закона.

Характеристикой взаимозависимости угла и отрезка является угол параллельности. Характер взаимозависимости угла и отрезка выражается величиной угла параллельности. При угле параллельности 90° взаимозависимость выступает как независимость и поэтому пангеометрия принимает характер эвклидовой геометрии. При угле параллельности, близком к 90°, но отличном от 90°, пангеометрия настолько близка

к эвклидовой геометрии, что разницей при практическом применении геометрии можно пренебречь.

Причину того, что угол параллельности принимает разные значения и, следовательно, причину того, что существует множество геометрий, по Лобачевскому, следует искать в качественно разных физических условиях.

Итак, прямая зависимость линий и углов в геометрии Лобачевского выступает как зависимость между так называемыми углами параллельности и соответствующим ему расстоянием (каждому отрезку соответствует определенный угол параллельности и, обратно, каждому углу соответствует определенный отрезок параллельности). Если допустить прямую зависимость линий и углов, то необходимо допустить, что сумма углов в треугольнике в общем случае не равна «пи». Это значит, что все прямые линии на плоскости по отношению к одной прямой линии на этой плоскости должны быть разделены на две группы,— пересекающие и не пересекающие ее. Линии, лежащие на границе этих двух групп, делящие линии на плоскости на эти две группы (если они выходят из одной точки) и относящиеся, вместе с тем, к группе непересекающих, называются параллельными. Остальные линии из группы непересекающих в современной математике называются сверхпараллельными. Наклонение прямой линии к перпендикуляру, опущенному на другую прямую линию, с первой параллельной образует угол, который называется углом параллельности к этому перпендикуляру. Он зависит только от длины перпендикуляра. В эвклидовой геометрии угол параллельности для всякого перпендикуляра равен 90°. В геометрии Лобачевского углу параллельности принадлежат все значения от 0°, которому соответствует перпендикуляр бесконечной длины, до 90°, которому соответствует перпендикуляр нулевой длины. Для всякого угла можно найти линию (т. е., в сущности, некоторый перпендикуляр), которая будет соответствовать этому углу; и, обратно, для всякой линии существует угол, соответствующий этой линии. Углы параллельности, соответствующие равным расстояниям, равны.

Вместе с допущением реальной зависимости линий от углов в геометрию, вследствие этого, вводится некоторая постоянная линейная величина, так называемая гиперболическая постоянная, которая входит во все уравнения неэвклидовой геометрии и которая может быть определена только опытным путем. До тех пор пока она не определена, все расчеты в неэвклидовой геометрии суть расчеты сугубо гипотетические; в целях облегчения вычислений, за гиперболическую постоянную, поэтому,

можно принимать основание неперовых логарифмов. Допуская существование неэвклидовой геометрии при любом значении параметра, Лобачевский принимает отрезок длины этого параметра за единицу меры. Это приводит к упрощению формул и вычислений.

Если допустить прямую зависимость отрезков (линий) от углов, то необходимо следует, что все прямолинейные треугольники равны (одинаковы), когда у них три угла равны, т. е. отрицается возможность существования подобных, но не равных фигур. Это значит, что треугольники в общем случае не могут иметь равные углы и разные по длине стороны, находящиеся в пропорциональном отношении. Эвклидова геометрия основана на движении тел по законам, отражение которых и есть ньютоновская механика (эвклидова геометрия есть отражение пространственных свойств макротел, полученное в ходе строительно-механической и геодезической практики человечества). Геометрия Лобачевского основана на иной, неньютоновской механике, на механике, где, например, как указал Лобачевский, сила тяготения не пропорциональна (обратно) просто квадрату расстояния, а дело обстоит значительно сложнее.

Лобачевский показал наличие объективной генетической зависимости геометрических форм, переходы одних форм в другие. Он никогда не разрывал неэвклидову геометрию и эвклидову, а включал одну в другую, считал, что обе геометрии суть отражения объективной геометрии, существующей в разных формах, переходящих друг в друга. Лобачевский называет употребительную, эвклидову геометрию дифференциальной, ибо она есть пангеометрия, примененная к фигурам, составленным из линий бесконечно малых. Он полагал, что эвклидова геометрия доступного нам пространства переходит в неэвклидову в области атомных и космических масштабов. Он исчерпывающим образом показал связь уравнений употребительной геометрии и пангеометрии.

Сущность открытия Лобачевского в области геометрии состоит не в том, что он заменил одиннадцатую аксиому Эвклида прямо противоположной аксиомой и при этом не пришел к логическому противоречию, а в том, что он открыл реальную возможность прямой зависимости между углами и расстояниями (линиями, отрезками) и тем самым построил геометрию, более точно отражающую свойства и отношения реального пространства. Созданная Лобачевским теория параллельных производна от основного допущения — предположения о прямой зависимости отрезков от углов. Теория параллельных Эвклида, аксио-

ма параллельности Эвклида интересовали Лобачевского не в чисто логическом плане, не в плане доказательства (прямого или от противного) этой аксиомы, не в плане строгого формально логического аксиоматического изложения геометрии, а в плане создания более совершенной геометрии. Лобачевский вполне понимал, что в геометрии, как и в физике, нельзя сделать принципиально новых открытий посредством имманентного развития аксиом.

Лобачевский много внимания уделял вопросу, какие изменения должна претерпеть механика от введения в нее пангеометрии, т. е. вопросу, какой механике соответствует открытая им геометрия. Еще в первой своей работе по неэвклидовой геометрии он писал:

«Оставалось бы исследовать, какого рода перемена произойдет от введения воображаемой Геометрии в Механику, и не встретится ли здесь принятых уже и несомнительных понятий о природе вещей, но которые принудят нас ограничивать или совсем не допускать зависимости линий и углов. Однакож можно предвидеть, что перемены в Механике при новых началах Геометрии будут того же рода, какие показал Г. Лаплас..., предполагая возможной всякую зависимость скорости от силы, или — выразимся вернее — предполагая силы, измеряемые всегда скоростию, подчиненными другому закону в соединении, нежели принятому сложению их»[1].

Лобачевский видел, что принцип сложения параллельных сил и принцип параллелограма сил находятся в самой тесной связи с эвклидовой теорией параллельности. В своих лекциях по механике он, приводя доказательства закона параллелограма сил, указывает, что все эти доказательства недостаточны и закон этот «доказать невозможно»: 6 октября 1827 г. Лобачевский говорил на лекции по механике: «Если на тело действуют несколько сил, направление их одно, но противное, то силы вычитаются одна из другой, но когда по одному направлению, то складываются. Когда же по разным направлениям, то происходит новое среднее направление, по которому пойдет тело. Доказать это предположение нельзя»[2].

Из приведенных слов Лобачевского видно, что он ясно сознавал, что новую механику, согласованную с его новой геометрией, можно построить только на отрицании этого правила сложения сил.

---

[1] Н. И. Лобачевский. Соч., т. 1, стр. 261.

[2] «Изв. Самарского гос. ун-та», 1922, стр. 26 (запись лекций Лобачевского студентом Умовым).

В 1870 г. бельгийский ученый де-Тилли (1838—1906) опубликовал сочинение «Этюды по абстрактной механике», в котором рассматривал законы статики, не пользуясь эвклидовой теорией параллельности. Получив таким образом «абстрактную механику», он, вместе с тем, вывел тригонометрические формулы, сходные с формулами Больяи. Из формул де-Тилли получаются формулы и для пространства Эвклида и для пространства Лобачевского. К отрицанию абсолютной правильности закона параллелограма пришла и физика. Закон параллелограма скоростей и сил заменяется в теории относительности другим, который приводит к тому, что две скорости, превышающие каждая половину скорости света, при сложении дают результирующую скорость, меньшую скорости света.

Поскольку механика и геометрия — лишь два аспекта действительности, постольку геометрия теряет прежний сугубо статический характер и становится геометрией динамической. Поскольку эквидистанта не есть прямая, постольку движущееся тело не может не менять свои размеры. Поскольку течение времени и характер геометрии определяются одними и теми же причинами, постольку одной геометрической системе соответствует один характер течения времени, другой системе — другой характер течения времени. Такие выводы следуют из геометрии Лобачевского.

* * *

Идеи Лобачевского об органической связи пространства и материи не прошли бесследно для науки XIX в. Они приняли форму риманова учения о кривизне пространства.

Риман при создании геометрии, носящей его имя, опирался на достижения Лобачевского. Есть основания считать, что геометрические идеи Лобачевского были хорошо известны Риману (как и Гауссу). Глубочайшие концепции, развитые Риманом, несомненно, целиком идут по руслу геометрического учения Лобачевского. Поэтому Римана можно и должно считать последователем и продолжателем гениального учения Лобачевского о пространственных формах.

Собственно говоря, геометрическое учение Лобачевского стало известно западноевропейским физикам и математикам именно в той форме, которую придал ему Риман.

Риманова геометрия есть результат глубоких размышлений над содержанием революционных идей Лобачевского об органической связи пространства и материи. Риманова геометрия есть дальнейшее развитие идей Лобачевского, причем — это

следует подчеркнуть — развитие не по всему фронту, а лишь в одном месте и в одном направлении — в направлении развития и обобщения гауссовой теории кривизны. Гаусс, как известно, создал теорию кривизны двумерных образований, а Риман обобщил ее на трехмерные (и более) образования. Он устанавливает, что возможны принципиально разные системы метрических отношений и подчеркивает, что это переводит исследователя и исследование в область другой науки — в область физики.

Риман понимает ограниченность ньютоновской концепции пространства, отрывающей пространство от материи, видит ее тормозящую роль и призывает перерабатывать ее сообразно фактам, которые ею объяснены быть не могут. Именно поэтому, высказываясь по вопросам о внутреннем основании метрических соотношений пространства, он писал:

«Решение этих вопросов можно надеяться найти лишь в том случае, если, исходя из ныне существующей и проверенной опытом концепции, основа которой положена Ньютоном, станем постепенно ее совершенствовать, руководясь фактами, которые ею объяснены быть не могут; такие же исследования, как произведенное в настоящей работе, именно, имеющие исходным пунктом общие понятия, служат лишь для того, чтобы движению вперед и успехам в познании связи вещей не препятствовали ограниченность понятий и укоренившиеся предрассудки.

Здесь мы стоим на пороге области, принадлежащей другой науке — физике...»[1]

Риман, вслед за Лобачевским, придавал огромное значение вопросу о геометрии микромира; дело в том, что из микрообъектов складываются макрообъекты, с которыми человек имеет дело в практике; практическое воздействие человека на природу тем действеннее, эффективнее, чем точнее он знает законы микромира.

Риман считает, что вполне мыслимо, что метрические соотношения пространства микромира не такие, как метрические соотношения пространства макромира; и если наблюдаемые явления требуют для своего объяснения другой геометрии, с другими метрическими отношениями, это должно быть сделано. Нельзя этим явлениям навязывать чуждую им геометрию, надо на основании фактов найти ту геометрию, которая действительно имеет место в том пространстве.

---

[1] Б. Риман. Соч., М., 1948, стр. 291—292.

Принципиально иные метрические соотношения пространства, по Риману, могут иметь место в силу «зависимости тел от места их существования (от места их нахождения)» (терминология Римана). Таким образом, в основе метрических соотношений пространства лежат физические свойства протяженных тел.

В докладе на заседании Геттингенского Математического общества, который известен под названием «О гипотезах, лежащих в основании геометрии», Риман говорил, что уровень знаний о пространстве и опытные факты показывают, что в пространстве макромира тела движутся (перемещаются) без деформации, т. е., выражаясь на геометрическом языке, имеет место подвижность протяженных величин без растяжений и сжатий; линии (отрезки) имеют длины, не зависящие от их положения.

Но если такой независимости тел от места их нахождения не существует, то по метрическим соотношениям в макромире нельзя заключать о метрических соотношениях в микромире. Если не только линии, но и тела существуют независимо от их положения в пространстве,— именно это допущение делается Эвклидом и кладется в основу геометрии, то кривизна такого пространства вследствие этого везде постоянна, и потому сумма углов в любом треугольнике определена, если определена в каком-нибудь одном.

По Риману, характер кривизны пространства определяется тем, как движутся тела в пространстве,— с деформацией или без деформации; если тела перемешаются, подвергаясь деформации, то пространство обладает переменной кривизной; если без деформации — постоянной. Физический аспект и геометрический аспект — это два аспекта одного и того же.

Риман считает, что знание свойств реального пространства, знание метрических соотношений, имеющих место в реальном пространстве, значительно подвинется вперед, если математики станут понимать пространство как непрерывное многообразие элементов. Количественное сравнение определенных частей непрерывного многообразия выполняется путем измерения. Измерение заключается в наложении подлежащих сравнению величин; для измерения требуется наличие некоторого способа соотнесения величины, принятой за единицу, с измеряемой. Если такой способ не указан, то исследования, которые имеют своим предметом такие величины, составляют общую часть учения о величинах; в ней величины не рассматриваются существующими независимо от их положения и не принимаются выражаемыми через единицу измерения, а должны быть рассматриваемы как области в некотором определенном

многообразии. Следовательно, учение о непрерывных величинах должно быть разделено на учение об отношениях протяженности, в котором не предполагается независимости протяженных величин от места их нахождения, и на учение о метрических соотношениях, в котором должно быть сделано допущение о такого рода независимости. Метрические отношения могут быть исследуемы только посредством отвлеченных величин и поставлены во взаимную связь только при помощи формул; при известных предположениях можно, однако, разложить их на такие соотношения, которые, будучи рассматриваемы каждое в отдельности, допускают определенные геометрические представления и, следовательно, становится возможным результаты вычислений выражать в геометрической форме. Чтобы стоять на твердой почве, нельзя избежать отвлеченного изыскания при помощи формул, но результаты этого исследования могут быть представлены, так сказать, в геометрическом одеянии.

Метрические определения, указывает Риман, подразумевают независимость величин от местоположения. Эта независимость может быть понимаема в различных смыслах: первое допущение заключается в том, что длины линий не зависят от их положения, так что каждая линия измерима посредством каждой; задача сводится тогда к установлению математического выражения для длины линий; второе допущение заключается в том, что если все части линейного элемента увеличиваются в одно и то же число раз, то и линейный элемент увеличивается во столько же раз.

При этих допущениях линейный элемент выражается квадратичной формой, т. е. квадрат линейного элемента выражается суммою квадратов полных дифференциалов. Многообразие, в которых линейный элемент приводится к такому виду, образует один класс непрерывных многообразий. Риман называет такие непрерывные многообразия плоскими многообразиями. Используя выражение для квадрата линейного элемента, Риман устанавливает существование некоторой конечной величины, равной нулю для плоского многообразия и могущей поэтому служить мерой существующего в данной точке уклонения многообразия от плоского. Эта величина — мера кривизны. Мера кривизны вполне определяет метрические соотношения многообразия постоянной кривизны. Мере кривизны можно дать наглядный смысл только применительно к поверхностям.

«Если представим себе поверхности как геометрическое место движущихся в них частей, подобно тому как пространство

есть место движения тел, то во всех этих поверхностях части могут двигаться без растяжения. Поверхности с положительной мерой кривизны всегда могут принять такой вид, что части их могут в них двигаться как угодно без сгибания, именно они могут принять вид шаровых поверхностей; это не имеет места в поверхностях с отрицательной кривизной. Кроме этой независимости частей от их положения в поверхности с кривизной, равной нулю, существует независимость направления от места, чего нет в остальных поверхностях»[1].

Итак, плоские многообразия, т. е. такие, для которых мера кривизны везде равна нулю, рассматриваются Риманом как частный случай многообразий с постоянной мерой кривизны. Эти последние многообразия могут быть определены также тем, что в них существует независимость протяженных величин от места их нахождения (они перемещаются без растяжений и сжатий). Риман подробно рассматривает поверхности постоянной кривизны, показывая характер движения фигур на них (части поверхностей с постоянной положительной мерой кривизны движутся без сжатий и растяжений, части поверхностей с постоянной отрицательной мерой кривизны движутся с изгибаниями, со сжатиями и растяжениями), но Риман ничего не говорит о характере движений в трехмерном пространстве. Понятие «мера кривизны пространства» представляет собою распространение, обобщение, дальнейшее развитие введенного Гауссом понятия «мера кривизны поверхности». Говоря о характере зависимости элемента длины линии от соответствующих дифференциалов координат, Риман указывает на возможность того, что корень четвертой степени или другие еще более сложные выражения могут выражать линейный элемент.

---

[1] Б. Риман. О гипотезах, лежащих в основании геометрии. Цит. по сборнику «Об основаниях геометрии». Казань, 1893, стр. 78.

Фрагменты философского содержания, опубликованные после смерти Римана, дают возможность совершенно точно уяснить смысл, который он вкладывал в понятие «гипотезы». Риман вкладывал в это слово совсем иной смысл, чем Ньютон, когда говорил: «гипотез я не сочиняю». С точки зрения Римана законы (аксиомы) механики, сформулированные Ньютоном, суть гипотезы. Риман писал: «Различие, которое Ньютон делает между законами движения (или аксиомами) и гипотезами, не кажется мне основательным. Закон инерции есть гипотеза: если бы материальная точка была одна во всем мире и двигалась бы в пространстве с некоторой определенной скоростью, то эту скорость она сохраняла бы постоянно». (Б. Риман. Соч., М., стр. 465). Выше было показано, что Лобачевский в 1823 г. на лекции по механике изложил аксиомы механики Ньютона, особо подчеркнув, что они имеют характер гипотез (в римановом смысле).

Риман четко разграничивает топологическую характеристику свойств пространства и метрическую, показывая, что топологические свойства являются свойствами внутренними, более глубоко лежащими, чем метрические. Возможность построения метрической геометрии, по Риману, стоит в зависимости от наличия неизменяемого и способного перемещаться эталона. Чтобы установить метрику пространства, достаточно задать коэффициенты соответствующей квадратической формы в виде функций от координат. В зависимости от выбора координатной системы основная дифференциальная форма может иметь разный вид, но метрика пространства от выбора координат не зависит.

* * *

Независимо от Лобачевского, но в русле идей, сформулированных впервые Лобачевским, работал над созданием неэвклидовой геометрии венгерский математик Янош Больяи (1802—1860).

Для Лобачевского исходным пунктом является взаимозависимость угла и линии, а именно взаимозависимость величины угла параллельности и длины соответствующего перпендикуляра. Лобачевский вначале определяет эту зависимость только качественно, т. е. констатирует сам факт такой зависимости. В этом качественном виде называет он зависимость геометрической функцией в отличие от аналитической функции, представляющей собой количественное выражение данной качественной зависимости (формулу) и дающей возможность вести количественные расчеты. С установлением этой качественной зависимости (не выражаемой еще количественным уравнением), т. е. с допущением переменных углов параллельности, им открывается целый ряд геометрических положений (теорем) неэвклидовой геометрии. В частности, устанавливается существование так называемой предельной кривой и предельной поверхности.

Рассматривая углы в прямолинейном треугольнике как углы параллельности, связанные с некоторыми определенными перпендикулярами, и исходя из того, что предельные треугольники обладают свойствами треугольников эвклидовой геометрии, Лобачевский установил аналитическое выражение зависимости угла параллельности с его перпендикуляром. Это уравнение является, указывает Лобачевский, основанием неэвклидовой геометрии, ибо на нем основаны формулы решения треугольников, вычисления длины линий, площади поверхностей, объема тел.

Анализ сочинения Больяи «Аппендикс» показывает, что исходным, но неявно выраженным положением и для Больяи является положение о прямой взаимозависимости угла и линии.

В основном уравнении Больяи связаны *угол*, зависящий от определенного *расстояния* и отношение длин предельных дуг, зависящее *от этого же расстояния*. Принцип взаимозависимости угла и расстояния, которым Больяи пользовался в неявной, скрытой форме, в основном уравнении выступает в аналитическом выражении. Но, несмотря на это, Больяи не пришел к осознанию физической стороны этой взаимозависимости в том виде, как это с самого начала сделал Лобачевский, и поэтому неэвклидова геометрия, как наука, им не была создана.

В неэвклидовой геометрии Римана, столь отличной по своему геометрическому содержанию от неэвклидовой геометрии Лобачевского — Больяи, в основе также фактически лежит признание прямой взаимозависимости угла и линии.

Подводя итоги, следует заметить, что в математике XIX в. римановой геометрией называется теория инвариантов групп преобразований, использующая тензорный аппарат.

* * *

Неэвклидова геометрия — детище Лобачевского. По сравнению с достижениями Лобачевского открытия венгерского геометра Я. Больяи представляют только самые первые шаги. По сравнению с всеобъемлющим учением Лобачевского достижения Гаусса также представляют собой только самые начальные шаги. Достижения этих исследователей (Больяи и Гаусса) в значительной степени умаляются агностицизмом, неверием их в объективную истинность открытых ими положений новой геометрии, мучительным сомнением относительно правильности сформулированных ими идей, отсутствием полного понимания последних.

Лобачевский пошел по пути, принципиально новому для науки своего времени, он не совершенствовал работы предшественников, а подымал целину. На ниве, вспаханной для человечества Лобачевским, десятилетиями собирали богатый урожай его западноевропейские и американские последователи.

В соответствии со своими материалистическими установками Лобачевский предпринял шаги, чтобы на основании опытов

установить, отражает ли найденная им геометрия реальные пространственные отношения или нет. С этой целью он определял суммы внутренних углов треугольников космических масштабов — звездных треугольников, полагая, что свет распространяется в космосе прямолинейно. В 1829 г. Лобачевский публикует свою основоположную работу «О началах геометрии»; в этой работе изложены результаты проверки им осуществимости неэвклидовой геометрии в космическом пространстве.

Лобачевский устанавливает, что если K — абсолютная единица длины в пангеометрии; p — параллакс звезды, выраженный в секундах дуги[1], a — диаметр земной орбиты, то

$$K > 206265 \frac{a}{2p}.$$

Следовательно, астрономические измерения (определение параллаксов) не могут привести к определению той единицы длины, которой в геометрии Лобачевского измеряются все длины вообще; они указывают только на ее нижний предел. Астрономы, получая параллаксы все более далеких звезд, не приближаются к познанию этой абсолютной постоянной, а значит, и к выяснению метрических свойств реального пространства. Таков первый вывод Лобачевского.

Далее, Лобачевский устанавливает, что дефект звездных треугольников настолько мал, что существующими в астрономии способами измерения углов и расстояний не может быть определен. Таков второй вывод Лобачевского.

Следовательно, Лобачевский считает, что в пределах измеренных расстояний в грандиозных просторах Вселенной обычная эвклидова геометрия настолько совпадает с неэвклидовой, угловые дефекты треугольников настолько малы, что методами измерения звездных параллаксов вопрос о ее истинности не решается.

После Лобачевского вопрос об истинной геометрии космического пространства остался открытым. Но это не значит, что стремление Лобачевского на основе опытов установить истин-

---

[1] Следует заметить, что Лобачевский определяет параллакс не как угол при звезде в треугольнике, основанием которого служит радиус земной орбиты, а как полуразность направлений на звезду из двух противоположных точек земной орбиты. При таком определении параллакса угол при звезде остается величиной неизвестной. Астрономы не имеют способов измерять этот угол, они вычисляют его, причем если сумма углов треугольника меньше двух прямых, то угловой дефект ляжет на угол при звезде, не доступный нашему измерению.

ность своей геометрии не имели никакого значения. Значение этих идей Лобачевского состоит в том, что он первый поставил перед наукой вопрос об истинной геометрии реального пространства, первый поставил вопрос о структуре реального пространства, первый поставил вопрос об опытной проверке основных положений геометрической науки.

Лобачевский оперировал с параллаксами, определенными весьма приближенно. Современная нам астрономия дает возможность определять звездные параллаксы с весьма большой степенью точности. Но это не вносит никаких изменений в выводы Лобачевского.

На основе данных современной астрономии можно утверждать, что дефект звездных треугольников не превышает нескольких тысячных долей секунды дуги, т. е. пока не может быть определен при помощи астрономических измерений.

На основании современных точных определений параллаксов можно уточнить нижнюю границу линейной постоянной Лобачевского; получается, что ее длина превышает $4 \cdot 10^6$ радиусов земной орбиты. На современном уровне развития римановой геометрии, принимая во внимание связь абсолютного отрезка Лобачевского и радиуса кривизны пространства Лобачевского, приходим к выводу, что если длины сторон треугольников настолько малы по отношению к длине абсолютного отрезка, что их отношения или даже квадрат их отношения находится за пределами практически существующей точности измерений, то полученные теоретически зависимости практически не отличаются от соответствующих зависимостей эвклидовой геометрии. Отсюда следует, что вполне совместимы практическая достоверность эвклидовой геометрии и предположение, что реальное пространство в космических масштабах подчиняется законам геометрии Лобачевского с весьма большим абсолютным отрезком. Тот факт, что все звездные треугольники с известными астрономии параллаксами подчиняются соотношениям эвклидовой геометрии в пределах точности современных астрономических измерений, не противоречит допущению о существовании абсолютного отрезка, размеры которого превышают $4 \cdot 10^6$ радиусов земной орбиты.

Современная астрофизика дает основания считать, что если в некоторой достаточно большой части Вселенной материя (вещество) распределена равномерно, то кривизна этой части пространства будет равна 0 и геометрия этой части пространства будет геометрией Эвклида; если же материя распределена так, что плотность ее минимальна в центре и максимальна на окраинах, то кривизна этой части пространства будет отрицательной

и геометрия этой части Вселенной будет гиперболической геометрией Лобачевского. При таком физическом понимании геометрических характеристик «кривизна» и «радиус кривизны» пространства становится ясной связь материи и пространства, становится наглядным, что геометрические свойства пространства определяются структурой материи, что в основе геометрии лежит физика.

Для правильного понимания того нового, что внесла в физическое учение о пространстве и времени новейшая физика, большое значение имеет правильное понимание существа того переворота в геометрии, который совершен Лобачевским.

В геометрическом учении Лобачевского характерная метафизическая ограниченность в понимании пространства, присущая естествознанию XV—XIX вв., была преодолена. В этом и состоит содержание революционного переворота, совершенного Лобачевским в понимании пространства и, соответственно, в геометрии как науке о закономерностях пространственных форм.

Идеи Лобачевского об органической связи пространства и материи оказали огромное влияние на развитие геометрии, механики, физики и до сих пор имеют большое значение для физико-математических наук. Современное физико-математическое учение о пространстве и времени было подготовлено открытиями многих ученых прошлого, среди которых первое место принадлежит нашему великому соотечественнику Н. И. Лобачевскому.

Физика XX в. по своему объективному содержанию (не всегда правильно осознаваемому самими физиками) развила идеи Лобачевского об органической связи пространства и материи, подтвердила и обосновала их на материале новых экспериментальных данных и теоретических обобщений, относящихся преимущественно к исследованию законов микромира.

Идеи Лобачевского сильно содействовали росту антиньютонианских воззрений. Оппозиция ньютонианству в лице Лобачевского выразилась в отрицании метафизического абсолютного пространства и в борьбе против метафизического истолкования основоположений механики. Лобачевский не отрывает времени от движения, как это делал Ньютон, а определяет время через движение. Он стоит на точке зрения единства пространства и времени. Лобачевский задолго до появления так называемой теории относительности высказал положение о зависимости свойств пространства от материи.

Создание физики микромира, отвергающей многие положения традиционной физики, отказ от традиционной механики

Ньютона прошли сравнительно легко именно благодаря тому, что борьба за новую геометрию, с которой был связан отказ от старых представлений о пространстве, была уже позади. В распоряжении физиков была созданная Лобачевским неэвклидова геометрия. Неэвклидова геометрия в различных ее формах непосредственно внедрилась в самое существо новейшей теоретической физики и составляет базу новых, важнейших ее учений. Идеи Лобачевского проникли в астрономию. Одной из основных задач этой науки является определение истинной геометрии галактических систем.

Сама идея построения общей механики, которая включает в себя традиционную механику как частный, предельный случай, есть идея Лобачевского, перенесенная из геометрии в область теоретической физики.

Основное уравнение геометрии Лобачевского таково: $\operatorname{tg} \frac{1}{2} \pi(x) = e^{-\frac{x}{R}}$, где $\pi(x)$ — угол параллельности, соответствующий отрезку (расстоянию) длиной x; e — константа, R — радиус кривизны пространства. Пространство с геометрией Эвклида имеет кривизну $K = 0$, пространство с геометрией Лобачевского имеет кривизну $K = \frac{1}{R^2}$, пространство с геометрией Римана имеет кривизну $K = -\frac{1}{R^2}$.

Формулы геометрии Лобачевского приближаются к формулам эвклидовой геометрии, когда R возрастает беспредельно, т. е. геометрия Эвклида есть предельный случай геометрии Лобачевского. Формулы Лобачевского приближаются к формулам эвклидовой геометрии, если стороны треугольников очень малы в сравнении с R. При e, равном единице, все уравнения геометрии Лобачевского переходят в уравнения геометрии Эвклида. Постоянная e играет очень важную роль в геометрии Лобачевского. Физик Варичак сделал попытку интерпретировать ее как отношение скорости тела к скорости света в пустоте.

Современная физика установила уравнения, выражающие преобразования координат и вектора скорости при переходе от одной системы сред, к которой мы относим скорость, ускорения, движение вообще, к другой системе сред, к которой относим движение. Эти уравнения — лоренцовы преобразования — в точности совпадают с уравнениями движения в гиперболическом пространстве[1].

---

[1] В. Ф. Каган. Лобачевский, 1948, стр. 463

Известно, что основу так называемой специальной теории относительности составляют преобразования Лоренца. С математической точки зрения преобразования Лоренца представляют собой движения пространства Лобачевского самого в себе.

Член-корр. АН СССР Б. Н. Делоне пишет о преобразованиях Лоренца: «Преобразования Лоренца суть линейные преобразования переменных ..., при которых гиперконус второго порядка ... переходит в себя. Но, как известно из самых элементов проективной геометрии, такие преобразования суть не что иное, как проективные преобразования пространства, преобразующие некоторую сферу в себя, т. е. это суть движения пространства Лобачевского, если рассматривать его модель Кэли-Клейна в этой сфере.

Итак, преобразования Лоренца можно рассматривать как движения пространства Лобачевского и обратно» [1].

Без неэвклидовой геометрии невозможно было бы развитие современной физики. Вместе с неэвклидовой геометрией в физическую теорию вводится идея о зависимости геометрических свойств тел от физической природы этих тел.

Физические процессы идут в пространстве и во времени. Поэтому физика необходимо должна пользоваться геометрией, причем геометрией именно того пространства, в котором имеют место изучаемые физические явления. Несомненно, физика атома и ядра атома должна пользоваться не обычной, эвклидовой геометрией, а другой геометрией, неэвклидовой. Есть основания считать, что геометрией, адэкватно отображающей пространственные соотношения микромира, является геометрия Лобачевского.

Английский математик Болл построил основы кинематики гиперболического пространства. За кинематикой последовала и неэвклидова динамика, построенная главным образом Киллингом, Боллом и Либманом и доведенная до известной степени завершения советским геометром А. П. Котельниковым (Казань). Ньютоновская механика, как известно, строится на эвклидовой теории векторов (сложение скоростей, сложение сил производится по правилам сложения векторов). Но теория векторов, построенная на основе эвклидовой геометрии, не может служить для построения механики неэвклидова пространства. Проф. Котельников создал специальную теорию векторов

---

[1] Сб. «Вопросы истории отечественной науки». Общее собрание АН СССР 5—11 января 1949 г. М.— Л., 1949, стр. 141.

и специальную теорию комплексных чисел. На основе геометрии Лобачевского при помощи этих теорий им была создана механика гиперболического пространства.

Самый вопрос о структуре физического пространства мог возникнуть только после того, как Лобачевским была впервые обнаружена возможность существования различных, качественно друг от друга отличающихся геометрических пространств.

Подобно тому как нельзя было бы даже поставить вопрос о «сферичности» или «плоскостности» поверхности Земли, если бы людям не были известны сферические и плоские поверхности, так нельзя было бы поставить и решить вопрос об эвклидовости или неэвклидовости физического пространства, если бы до этого не была обнаружена возможность реального существования неэвклидовой геометрии. Лобачевский впервые поставил вопрос о том, при каких именно условиях обнаруженные им реальные возможности превращаются в действительность, т. е. как именно изменяется структура, геометрические свойства физического пространства в зависимости от изменения физических условий, от изменения физических свойств движущейся материи.

Открытие Н. И. Лобачевского представляет собой революционный шаг по пути развития науки о пространстве. Лобачевский показал, как несостоятельность метафизического подхода к природе, разрывающего ее на независимые, несвязанные части — пространство, время, материю, так и несостоятельность и бесплодность развития геометрии на основе идеалистической теории познания, т. е. на основе метода, подменяющего анализ объекта анализом понятия. Если геометрия объекта определяется, создается теми свойствами объекта, которые изучает физика, то ясно, что ключ к геометрии объекта находится в физике объекта. Если геометрия не обладает той самостоятельностью и независимостью, которую ей приписывали, молчаливо исходя из метафизической предпосылки о независимости пространства от материи или из идеалистического понимания геометрии, как априорной науки, если она выступает как часть единой физической науки, изучающая пространственные формы и отношения действительного мира, то ее развитие ничем принципиально не отличается от развития других областей физической науки, т. е. она развивается на экспериментально-практической базе, является наукой опытной в своей основе.

Геометрия, следовательно, есть ветвь, отрасль, часть физики.

В буржуазной математике господствует метафизический разрыв пространства и материи, физики и геометрии; геометрия рассматривается как самодовлеющая область, развитие которой может и должно итти в полном отрыве от физики посредством чисто логической деятельности рассудка, создающего при помощи законов формальной логики новое знание из уже имеющегося знания. В идеалистически трактуемой математике пышно разрослась ветвь, которая в качестве предмета своего исследования берет не объект, не объективное пространство, а понятия, идеи, выработанные предшествующим развитием науки. Это — идеалистическое направление в геометрии.

Когда наука о природе перестает изучать объект, ставит на место объекта субъект, делая его предметом своего изучения, объектом своего изучения, подчиняя явления природы выведенным из субъекта положениям (подчиняя объект субъекту, природу сознанию), то это значит, что наука вступила на идеалистический путь и создает идеалистическую, неистинную ложную продукцию. Эта подмена объекта субъектом, это превращение субъекта в объект, это перевертывание на голову действительного отношения теории и природы, материального и идеального и есть основа и сущность идеалистической квазинауки.

Деление геометрии на две части — на геометрию как физику и геометрию как математику — есть выражение метафизического разрыва пространства и материи, физики и геометрии. Это деление было придумано для того, чтобы сохранить за геометрией идеалистическо-метафизические позиции, которые подрывались развитием физики и геометрии. Геометрическое учение Лобачевского связывает воедино физику и геометрию, а это деление геометрии на две части сохраняет отрыв геометрии от физики. Это деление есть способ, позволяющий сохранить и метафизический отрыв пространства от материи и идеалистический аксиоматизм.

Физическое учение о пространстве и математическое учение о пространстве должны быть связаны, должны быть объединены в некоторое единство на основе физического учения о пространстве — таково требование учения Лобачевского.

Сохранение разрыва и подчинение физического учения о пространстве математическому учению о пространстве, построенному на основе аксиоматического метода в его идеалистическом истолковании, сохранение разрыва физики и геометрии и подчинение физики геометрии — таково требование буржуазной методологии современной математики в странах империализма.

Математика, формально применяемая, ведет к «физическому» и «математическому» идеализму. Лобачевский последовательно и неуклонно боролся против формального применения математики и указывал пути, по которым надо итти, чтобы математические понятия были содержательными.

Выступая против формального переноса свойств и отношений, установленных для одной области, на другую, Лобачевский требовал исследования содержания рассматриваемых областей. Всякое применение математического исчисления предполагает, по Лобачевскому, содержательное исследование области предметов, в которой оно применяется.

Из гениального ленинского анализа кризиса буржуазной физики ясно, что самым существенным моментом в содержании кризиса физики является отказ от признания объективного содержания положений науки, объявление их условными соглашениями, символами, отметками для практики, не имеющими объективной значимости, объявление положений науки произвольными творениями субъекта, отрицание существования объективной истины и объективной реальности.

В условиях кризиса геометрия Лобачевского была немедленно истолкована идеалистами как произвольное, чисто субъективное творение логически мыслящего математического ума, как теория, ничего не отображающая в объекте.

Современные махисты трактуют геометрию как формально логическую дедуктивную замкнутую систему, основанную на свободном, совершенно произвольном выборе в качестве аксиом любых комбинаций символов, не имеющих содержания, для которых установлены — тоже совершенно произвольно — правила соединения. Отсюда видно, что современные махисты (логические позитивисты и пр.) по линии мракобесия пошли дальше, например, махизма Пуанкаре, считавшего открытие неэвклидовой геометрии доказательством правомерности построения геометрии на основе произвольных, условных соглашений, выбор которых диктуется лишь соображениями «экономии мышления».

Идеалисты пытаются представить Лобачевского родоначальником формалистического понимания математики как абстрактной гипотетико-дедуктивной системы без внутреннего содержания, отличного от выводимого из произвольно придумываемых математиками аксиом по произвольным правилам выведения.

Этим идеалистическим измышлениям со всею силой противостоят бессмертные творения самого Лобачевского, ясно пока-

зывающие действительный путь открытия неевклидовой геометрии и её внутреннее содержание[1].

Перед советскими математиками и физиками стоит задача развивать дальше передовые идеи геометрического учения Лобачевского, опираясь уже не на естественно-исторический материализм и стихийную диалектику, как это было у самого Лобачевского, а на диалектический материализм, созданный Марксом, Энгельсом, Лениным и развиваемый дальше вождем всего прогрессивного человечества товарищем Сталиным.

Конечно, нельзя отождествлять учение Лобачевского о пространстве с учением диалектического материализма о пространстве, ибо учение диалектического материализма несравненно шире, неизмеримо глубже, всестороннее. Лобачевский исследовал только одну сторону реального пространства — геометрическую и только с этой стороны выяснил органическую связь пространства и материи.

Из всех материалистических учений только диалектический материализм создал правильное, научное философское учение о пространстве и времени, только оно адэкватно отображает действительность.

Сейчас, когда в СССР наука, развивающаяся на основе самого передового в мире мировоззрения — диалектического материализма, по всему фронту победоносно борется за то, чтобы в ближайшее время значительно превзойти достижения науки за рубежом, огромное значение имеет геометрическое учение Лобачевского, как пример борьбы против консерватизма, отживших традиций, устаревших установок, догм в математической науке. Созданная Лобачевским неэвклидова геометрия не принадлежит лишь прошлому, истории науки, а входит в современную науку в качестве ее действенного оружия, все более и более расширяющего и углубляющего сферу своего действия. Передовые идеи Лобачевского связаны теснейшим образом с важнейшими теоретическими проблемами современных физико-математических наук.

---

[1] См. С. А. Яновская «Передовые идеи Н. И. Лобачевского — орудие борьбы против идеализма в математике», изд. АН СССР, 1950.

М. М. КАРПОВ

КРИТИКА ФИЛОСОФСКИХ ВЗГЛЯДОВ А. ЭЙНШТЕЙНА

Реакционные буржуазные философы для «обоснования» и защиты идеализма часто пользуются ошибочными высказываниями физика Эйнштейна, не раз выступавшего по вопросам философии. Среди некоторой части физиков и философов укрепилось ложное мнение, будто Эйнштейн — материалист[1]. Некоторые авторы изображают Эйнштейна чуть ли не материалистом-диалектиком.

В. И. Ленин указывал, что «о философах надо судить не по тем вывескам, которые они сами на себя навешивают..., а по тому, как они на деле решают основные теоретические вопросы...»[2].

Эйнштейн не раз заявлял, что он — последователь Спинозы[3], что он не считает себя идеалистом, однако анализ его философских высказываний, анализ того, как решает Эйнштейн теоретические, гносеологические вопросы, показывает, что он — и не последователь Спинозы и не материалист.

Взгляды Эйнштейна формировались под влиянием таких философов-идеалистов, как Юм, Мах и Шопенгауэр. Это не могло не сказаться на его философских воззрениях. Основной вопрос философии Эйнштейн решает идеалистически. В первом параграфе статьи «Physik und Realität» Эйнштейн рассматривает чувственные ощущения как первичное, а объективную реальность считает произвольными комплексами этих постоянно повторяющихся ощущений. Он пишет: «На сцене наших душевных переживаний проходят пестрой чередой чувственные восприятия, воспоминания о них, представления и ощущения. В отличие от психологии, физика занимается непосредственно только чувственными восприятиями и „познанием“ связей между

---

[1] См., например, М. Э. Омельяновский. Фальсификаторы науки. «Вопросы философии», 1948, № 3, стр. 158.

[2] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 205.

[3] См. A. Einstein. Mein Weltbild. Amsterdam, 1934, S. 176.

ними»[1]. Эйнштейн повторяет Маха, который считал, что «предмет физики — связь между ощущениями, а не между вещами или телами...»[2]. Таким образом, по Эйнштейну, человек познает не объективный мир, а свои ощущения.

Но если объектом познания являются чувственные восприятия, а не реальные тела, то отсюда логически следует, что вне нас не существует материального мира, а существуют лишь маховские «элементы» мира — комплексы ощущений. Эйнштейн как раз и утверждает, что телесные объекты представляют собой постоянно повторяющиеся комплексы ощущений.

«Первый шаг к образованию понятия реального внешнего мира,— говорит он,— состоит, на мой взгляд, в образовании понятия телесного объекта и соответственно телесных объектов различного рода.

Из всего многообразия чувственных ощущений мысленно и *произвольным образом выбираются постоянно повторяющиеся комплексы ощущений* (частично вместе с ощущениями, которые могут быть истолкованы как знаки переживаний других людей), и *им приписывается понятие телесного объекта.* Логически это понятие не идентично с указанной совокупностью ощущений — оно является произвольным созданием человеческого (или животного) ума. Но, с другой стороны, это понятие обязано своим значением и своей правомочностью исключительно совокупности тех ощущений, которые мы с ним ассоциируем»[3].

Из приведенных высказываний видно, что в решении основного вопроса философии Эйнштейн занимает махистскую позицию.

В той же статье Эйнштейн продолжает: «Понятие, непосредственно и интуитивно связанное с типичным комплексом чувственных переживаний, назовем „первичным (основным) понятием“» (стр. 316). «Связь элементарных (или первоначальных.— *М. К.*) понятий будничного мышления с комплексами чувственных переживаний только интуитивно доступна пониманию и недоступна для научной логической фиксации» (стр. 316). В таком же духе выдержана почти вся статья. Вместо материальных тел, неизменно фигурируют комплексы переживаний, вместо связи понятий с объективным миром, всюду идет речь о связи с комплексами переживаний. Такова примитивная махистская концепция Эйнштейна. К этому присоеди-

---

[1] «Journal of the Franklin Institute», v. 221, 1936, p. 314.

[2] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 28.

[3] «Journal of the Franklin Institute», 1936, v. 221, p. 314 (курсив мой.— *М. К.*).

няется безмерное преувеличение роли интуиции в познании, которая якобы может открыть связи понятий, не доступные науке.

Разоблачая реакционную сущность махизма, Ленин писал: «Никакие увертки, никакие софизмы... не устранят того ясного и неоспоримого факта, что учение Э. Маха о вещах, как комплексах ощущений, есть субъективный идеализм, есть простое пережевыванье берклеанства. Если тела суть „комплексы ощущений", как говорит Мах, или „комбинации ощущений", как говорил Беркли, то из этого неизбежно следует, что весь мир есть только мое представление. Исходя из такой посылки, нельзя придти к существованию других людей, кроме самого себя: это чистейший солипсизм. Как ни отрекаются от него Мах, Авенариус, Петцольд и К°, а на деле без вопиющих логических нелепостей они не могут избавиться от солипсизма»[1]. Эти слова, высказанные В. И. Лениным в борьбе против махизма, полностью применимы и к характеристике философских взглядов Эйнштейна.

Эйнштейн идеалистически решает и вторую сторону основного вопроса философии.

Если у материалиста убеждение в познаваемости мира основывается на общественно-практической деятельности человечества, то у Эйнштейна представление о познаваемости мира связывается с верой в некий мировой разум, в предустановленную гармонию и по своему содержанию родственно религиозному чувству [2].

Так, в книге «Эволюция физики» Эйнштейн пишет: «Без веры во внутреннюю гармонию нашего мира не могло бы быть никакой науки. Эта вера есть и всегда останется основным мотивом всякого научного творчества» [3]. Еще более выпукло эту мысль Эйнштейн выразил в книге «Mein Weltbild»: «Ясно, что в основе всякой точной научной работы лежит вера в разум, точнее, в познаваемость мира, родственная с религиозным чувством»[4].

Идеализм в решении второй стороны основного вопроса философии проявляется у Эйнштейна также в отрицании того, что чувства дают нам правильные сведения (отображения) об окружающем нас мире, что ощущения являются копиями, отражениями вещей. Эйнштейн заявляет, что показания чувств

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 30.

[2] См. A. Einstein. Mein Weltbild, S. 176.

[3] А. Эйнштейн и Л. Инфельд. Эволюция физики, 1948, стр. 263.

[4] A. Einstein. Mein Weltbild, S. 176.

являются «не чем иным, как никогда не гарантированным результатом иллюзии или галлюцинации» [1].

При трактовке ряда физических проблем Эйнштейн говорит в некоторых случаях о познаваемости мира, но при этом проявляется наличие в его мировоззрении лишь отдельных элементов стихийного естественно-исторического материализма. Возражая Бору и Гейзенбергу, утверждающим непознаваемость единичных процессов в микромире, Эйнштейн писал: «При таком способе рассмотрения процессы, разыгрывающиеся в единичной системе, остаются, разумеется, невыясненными; в результате статистического рассмотрения они как раз полностью исключены из представления.

Но теперь я спрашиваю: неужели какой-либо физик действительно верит в невозможность заглянуть внутрь единичных систем с их существенными изменениями, в их структуру и динамические взаимосвязи? Верит несмотря на то, что благодаря чудесным изобретениям камеры Вильсона и счетчиков Гейгера эти единичные процессы столь близко придвинуты к нашим ощущениям?» [2].

Из идеалистического решения Эйнштейном основного вопроса философии вытекает его идеалистический, махистский взгляд на пространство и время.

Мах писал, что «пространство и время суть упорядоченные системы рядов ощущений». По Маху, пространство и время субъективны, зависят от человека. Аналогичных взглядов придерживается и Эйнштейн. Геометрия — наука о пространственных формах внешнего мира, по Эйнштейну, занимается, как и все науки, лишь упорядочением ощущений. Пространство, связываемое с объектом, представляющим комплекс ощущений, неизбежно само превращается у Эйнштейна в комплекс или ряд ощущений.

По Эйнштейну, «для каждого человека существует свое субъективное время» [3]. Связывая ряд переживаний с рядом чисел при помощи часов, Эйнштейн приходит к «объективному» понятию о времени: «Благодаря применению часов понятие времени становится объективным» [4].

Однако такая «объективность» времени представляет собой фактически признание субъективности времени, так как она

---

[1] «Journal of the Franklin Institute», 1936, v. 221, p. 315.

[2] «Под знаменем марксизма», 1937, № 11—12, стр. 127.

[3] А. Эйнштейн. Основы теории относительности. ОНТИ, 1935, стр. 7.

[4] А. Эйнштейн и Л. Инфельд. Эволюция физики, 1948, стр. 169.

зависит, по Эйнштейну, от субъекта (человека) и его часов. Не будь человека (и его часов), не было бы и времени, таков взгляд Эйнштейна на время. Хотя Эйнштейн и не говорит об этом прямо, но время у него, по существу, представляет собой ряд ощущений, упорядоченных при помощи часов. Уместно поставить вопрос: существовало ли объективное время до человека и его часов, когда не могло быть никаких рядов ощущений? Из высказываний Эйнштейна логически следует отрицательный ответ. По Эйнштейну, не человек со всеми своими ощущениями существует во времени, а время существует в человеке, зависит от человека и его часов.

Для характеристики взглядов Эйнштейна на пространство и время показательна книга Л. Барнета «Вселенная и доктор Эйнштейн», вышедшая в 1948 г. в Нью-Йорке. Эйнштейн снабдил эту книгу предисловием, в котором отмечает, что автор правильно передал его взгляды, и хвалит за умелое их изложение. Вот что написано в этой книге: «Эйнштейн довел логику Беркли до крайних пределов, показав, что даже *пространство и время являются формой интуиции, столь же неотрывной от сознания, как понятие* цвета, формы или размера». И далее: «*Пространство не имеет объективной реальности*, кроме лишь как порядка расположения воспринимаемых предметов, а время не имеет другого значения, кроме как порядка событий, которым мы его мерим» (курсив мой.— *М. К.*). Такова махистская концепция Эйнштейна по вопросу о пространстве и времени, вытекающая из его взгляда, что тела суть комплексы ощущений.

Хотя Эйнштейн и критикует Канта, отстаивая происхождение понятий пространства и времени из опыта, однако и в этом вопросе он остается последователем Маха, ибо считает опыт лишь совокупностью наших переживаний.

Эйнштейн пишет: «Понятия относятся к чувственному опыту, но они не вытекают из него логическим путем. Поэтому я никогда не мог понять вопрос о происхождении понятий à priori в смысле Канта»[1].

В другом месте: «Роковая ошибка — будто бы в основе эвклидовой геометрии и соответствующих пространственных понятий лежит необходимость мышления, предшествующая всякому опыту... То обстоятельство, что при разъяснении происхождения, т. е. эмпирического содержания понятия времени, последнему предшествует понятие периодического процесса, не представляет, на мой взгляд, никакого petitio prin-

[1] A. Einstein. Mein Weltbild, S. 231.

cipii»[1] (аргумент, основанный на выводе из положения, еще требующего доказательства.— *М. К.*).

Критикуя Маха, Ленин писал: «Если понятие пространства берется нами из опыта, *не будучи* отражением объективной реальности вне нас, то теория Маха остается идеалистической. Существование природы *во времени*, измеряемом миллионами лет, *до* появления человека и человеческого опыта, показывает нелепость этой идеалистической теории»[2]. Эта критика целиком применима и к Эйнштейну, ибо для него реальность — это комплекс наших ощущений. «Эту реальность — следовательно передающую ее совокупность наших переживаний — и изучают науки о природе»[3].

Учение о пространстве и времени неразрывно связано с решением основного вопроса гносеологии: представляют ли наши ощущения образы тел и вещей или тела суть комплексы наших ощущений. В своих высказываниях о пространстве и времени Эйнштейн колеблется между этими двумя решениями основного вопроса философии. Там, где он решает физические проблемы, высказывания его часто носят материалистический характер. Так, излагая теорию относительности, он подчеркивает, что свойства пространства и времени зависят от распределения материи. Эйнштейн признает при этом иногда и реальное существование пространства и времени: «Наша современная картина мира знает две совершенно различные по содержанию реальности, хотя причинно и связанные между собою,— именно эфир тяготения и электромагнитное поле, или пространство и материю (можно и так еще назвать эти реальности)»[4]. Эйнштейн считает, что электромагнитное поле так же реально для физика, как и стул, на котором он сидит.

Эйнштейн не отрицает, что пространство трехмерно, что оно обладает физическим свойством передавать электромагнитные волны, а его структура определяется распределением материальных тел. Признавая трехмерность пространства, Эйнштейн не разделяет рассуждений спиритов о существовании так называемого четвертого пространственного измерения. Эйнштейн допускает также в известном смысле и бесконечность пространства. «Что хотим мы выразить, когда мы говорим, что наше пространство бесконечно? Не что иное, как то, что мы могли бы

[1] «Под знаменем марксизма», 1937, № 11—12, стр. 115—116.
[2] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 165.
[3] А. Эйнштейн. Основы теории относительности, ОНТИ, 1935, стр. 7.
[4] А. Эйнштейн. Эфир и принцип относительности. Птг., 1921, стр. 25.

складывать сколь угодно много тел равных размеров без того, чтобы пространство когда-либо заполнилось. Если представим себе множество кубовидных ящиков одинаковой величины, то мы, согласно эвклидовой геометрии, можем их укладывать один над другим, один рядом с другим и один позади другого так, чтобы наполнилась сколь угодно большая часть пространства; но это построение никогда не смогло бы быть приведено к концу,— все новые и новые кубы могли бы быть прикладываемы без того, чтобы когда-либо обнаружился недостаток места. Вот что мы хотим выразить, когда мы говорим, что пространство бесконечно»[1].

Но и здесь Эйнштейн не проводит последовательно материалистического принципа. Допуская бесконечность пространства, Эйнштейн в то же время в своих космологических теориях утверждает, что наш мир конечен.

В 1946 г. Эйнштейн выпустил книгу «The meaknig of relativity», в которой объявляет себя сторонником реакционной теории расширяющегося мира. В этой книге он пытается «научно доказать» поповскую догму о сотворении мира. Эта «теория», как и защищавшаяся им ранее «теория» стационарного мира, ведет к предположению об ограниченности Вселенной в пространстве и служит оружием идеалистов в борьбе против диалектического материализма. В США она выдается за самоновейший вывод естествознания и усиленно вдалбливается как взрослым, так и школьникам.

В целом, в понимании пространства и времени Эйнштейн стоит на идеалистической позиции, ибо он не признает объективной реальности пространства и времени.

Все работы Эйнштейна насквозь пронизаны идеалистическим утверждением, что понятия и законы науки являются свободными творениями человеческого разума. Однако эти «свободные творения духа» Эйнштейна без труда обнаруживают свое опытное происхождение. Ясно, что ни одно, даже наиболее отвлеченное, например математическое, понятие нельзя считать свободным творением разума. Утверждая, что «положения математики покоятся не на действительных объектах, а исключительно на объектах нашего воображения», что понятия это продукт свободного творчества разума, Эйнштейн тем самым отрицает связь нашего мышления, нашей логики с действительностью, с объективным миром. Ленин неоднократно подчеркивал, что «законы логики суть отражения объективного в субъ-

---

[1] А. Эйнштейн. О физической природе пространства. 1922, стр. 45.

ективном сознании человека»[1], что они представляют собой отражение многократно повторенного материального опыта.

Понятия, которыми оперирует математика, являются наиболее абстрактными, но и они обусловлены действительными отношениями реальных объектов. Понятия: натуральное число, прямая, точка, окружность и т. д. появились у человека в результате обобщения наблюдений над материальными объектами. Так, например, происхождение понятия «прямая линия» связано со световым лучом (который является одним из наиболее точных воплощений ее свойств), с представлением о туго натянутом шнуре и т. д.

Даже такие абстрактные математические понятия, как дифференциалы и бесконечно малые разных порядков, не являются «свободными творениями разума», как считает Эйнштейн.

Энгельс писал: «Тайна, окружающая еще и в наше время те величины, которые применяются в исчислении бесконечно малых — диференциалы и бесконечно малые разных порядков,— является лучшим доказательством того, что все еще распространено представление, будто здесь мы имеем дело с чистыми „свободными творениями и продуктами воображения" человеческого духа, которым ничто не соответствует в объективном мире. И тем не менее справедливо как раз обратное. Для всех этих воображаемых величин природа дает нам прообразы»[2].

Ни одно абстрактное понятие не возникает вне сферы чувственного опыта. Все абстрактные понятия являются плодом обобщения того материала, который получен человеком в процессе восприятия действительности. Так, геометрические понятия и аксиомы хотя и не даны нам непосредственно в чувственно наглядных представлениях, но они являются целесообразными обобщениями этих чувственных данных, абстракциями, возникшими в процессе отражения действительности. «Научное творчество,— писал наш знаменитый кристаллограф Е. С. Федоров,— есть не выдумка, а лишь результат умелого отвлечения от многих переменностей, свойственных каждому реальному явлению» [3].

Геометрия как наука со всеми ее аксиомами возникла не сразу, а создавалась постепенно, в течение многих столетий, по мере расширения опыта человека, на основе его практических потребностей. Лишь в процессе многократно повторяющегося опыта человек пришел к убеждению в истинности

---

[1] В. И. Ленин. Философские тетради, 1947, стр. 158.
[2] Ф. Энгельс. Анти-Дюринг, 1950, стр. 350.
[3] «Изв. С.-Пб. биол. лабор.», т. VIII, 1906, вып. 1, стр. 33.

геометрических аксиом. Из поколения в поколение передавалось это убеждение, и с течением времени геометрические аксиомы не стали нуждаться в опытном доказательстве, превратились в очевидные истины. Достоверность положений геометрии со времен Эвклида, если не раньше, не подлежала никакому сомнению, независимо от каких бы то ни было опытов.

На вопрос Эйнштейна: «Почему возможно такое превосходное соответствие математики с действительными предметами, если сама она является произведением только человеческой мысли, независимо от опыта?», следует ответить: возможно потому, что математика со всеми ее понятиями является не произведением не зависящей от опыта, «чистой» человеческой мысли, а отражением отношений реальных предметов; превосходное соответствие математики действительным предметам возможно потому, что она заимствована из реального, окружающего нас мира, имеет опытное происхождение. Математика только потому и может применяться к практической деятельности, к материальному миру, что она извлечена (отвлечена) из этого мира. Невозможно вне опыта создать науку, а затем применить ее к миру. Это означало бы навязать миру не свойственные ему, выдуманные законы. Суждение о том, что аксиомы математики выведены из каких-то априорных, не зависящих от опыта построений, является абсурдным.

Ценность понятий для материалиста состоит в том, что они отражают вне нас существующий мир и позволяют глубже проникнуть в законы этого мира, а для Эйнштейна и других идеалистов ценность понятий заключается в том, что они позволяют упорядочить комплексы ощущений. Так, еще в 1921 г. Эйнштейн утверждал, что мир понятий «представляет в известном смысле свободное творение человеческого духа» и что «понятия и системы понятий ценны для нас лишь постольку, поскольку они облегчают нам обозрение комплексов наших переживаний; другого оправдания они не имеют»[1].

Утверждая, что наука и ее понятия являются свободными творениями человеческого ума, созданными для упорядочения наших чувственных восприятий, Эйнштейн отрицает объективное содержание научных теорий и проповедует философский релятивизм.

В статье «О методе теоретической физики» Эйнштейн рассматривает отношение теоретического содержания знания к совокупности опытных фактов. Хотя он и утверждает, что опыт является началом и концом всего нашего знания о действитель-

[1] А. Эйнштейн. Основы теории относительности, ОНТИ, 1935, стр. 8.

ности, но не проводит этого взгляда последовательно, а опыт понимает идеалистически.

Известно, что махисты особенно часто извращали смысл понятия «опыт». Это извращение встречается и в работах Эйнштейна.

Ленин отмечал: «Если принять, что среда существует независимо от „заявлений" и „высказываний" человека, то открывается возможность толковать опыт материалистически!»[1]. Но поскольку Эйнштейн решает основной вопрос философии в духе субъективного идеализма (тела суть комплексы ощущений), для него среда не существует независимо от ощущений, независимо от «высказываний» человека и, таким образом, исключается возможность материалистического толкования опыта. Для Эйнштейна опыт не является объективным результатом активного отношения человека к независимо от него существующей природе; для него опыт есть нечто субъективное; в его понимании предметом опыта являются не физические тела, существующие независимо от сознания, а «комплексы ощущений», упорядочением которых якобы только и занимается наука.

Но иногда Эйнштейн сбивается на материалистическое толкование понятия «опыта». Так, например, он пишет: «В науке логическое обоснование находится всегда в гораздо большей опасности — от новых опытов или нового знания, чем специальные дисциплины, с их более тесным контактом с экспериментом»[2]. Здесь подчеркивается связь научной мысли с опытом. Иначе говоря, Эйнштейн стихийно переходит в данном случае на обычную точку зрения естествоиспытателей, смотрящих на опыт материалистически.

Для Эйнштейна характерна переоценка роли математики в физической теории. «... Посредством чисто математической конструкции,— пишет Эйнштейн,— мы в состоянии найти те понятия и ту закономерную связь между ними, которые дают ключ для понимания явлений природы» [3].

Руководствуясь этой ложной идеей, Эйнштейн в течение многих лет тщетно пытается создать «единую теорию поля». Он стремится вывести дедуктивно из одного уравнения непрерывного поля всю физику, включая атомное строение материи и квантовые свойства микромира. Здесь сказывается склонность Эйнштейна к математическому формализму, стремление вывести законы природы чисто математическим путем, исходя лишь из

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 135.

[2] «Под знаменем марксизма», 1940, № 12, стр. 107.

[3] A. Einstein. On the Method of Theoretical Physics. Oxford, 1933, p. 12.

математических конструкций, из уравнений. Такая тенденция является реакционной, ибо приводит к устранению из физики эксперимента и к подмене его чистым умозрением. Это тем более очевидно, что для Эйнштейна основные законы и понятия физики суть свободные изобретения человеческого ума.

Исторический материализм подчеркивает действенную роль науки — познание окружающего нас мира с целью его преобразования, с целью подчинения природы человеку. Эйнштейн же, как и все махисты, сводит науку к попытке установить соответствие между чувственным опытом и логической мыслью: «Всякая геометрически-физическая теория как таковая,— пишет он,— прежде всего необходимо не наглядна, представляет только систему понятий. Но эти понятия служат для того, чтобы привести в мысленную связь множество действительных или воображаемых чувственных переживаний»[1]. Эти же взгляды Эйнштейн защищал и в более поздних своих работах.

«Реальность, созданная современной физикой, конечно, далеко ушла от реальности прежних дней. Но цель всякой физической теории попрежнему одна и та же.

С помощью физических теорий мы пытаемся найти себе путь сквозь лабиринт наблюденных фактов, упорядочить и постичь мир наших чувственных восприятий»[2].

Подобное «толкование» науки Эйнштейном показывает, что он стоит на позиции субъективного идеализма.

Рассматривая науку лишь как средство упорядочения мира чувственных восприятий, Эйнштейн становится на пассивно созерцательную точку зрения, приходит к отказу от подлинной цели науки, заключающейся в познании и преобразовании мира, в подчинении себе природы. По мнению Эйнштейна, наука погибнет, если она будет преследовать практические цели: «Наука не должна преследовать никаких практических целей,— иначе она погибнет» [3].

Вопреки Эйнштейну, наука имеет право и должна преследовать практические цели. Многовековой опыт показывает, что практика является той живительной почвой, из которой вырастает действительная наука. Задачи, стоящие перед людьми в реальной жизни, заключаются не в том, чтобы анализировать наши ощущения и описывать их порядок, а в том, чтобы изучать свойства вещей, научиться управлять ими и воздействовать

---

[1] А. Эйнштейн. О физической природе пространства, стр. 44.

[2] А. Эйнштейн и Л. Инфельд. Эволюция физики, 1948, стр. 263.

[3] A. Einstein. Mein Weltbild, S. 44.

на события с целью улучшения материальной жизни человечества.

Поскольку Эйнштейн видит в науке лишь средство установления соответствия между опытом и мыслью, для него исчезает единственно верный критерий истинности знания — человеческая практика. Он утверждает, что теория относительности «сообщила теории Максвелла — Лоренца такую степень очевидности, что, если бы даже опыт говорил менее убедительно в ее пользу, физики все же были бы всецело убеждены в ее справедливости» [1].

Эйнштейн, как и все другие махисты, отличительным признаком науки считает принцип «экономии мышления». Так, например, он пишет: «Теория относительности происходит от усилий улучшить, основываясь на экономии мысли, обоснование физики в сравнении с тем, каким оно было на рубеже века»[2]. В науке, по мнению Эйнштейна, выражается стремление человеческого ума достигнуть наибольших результатов с наименьшей затратой сил.

Ленин в «Материализме и эмпириокритицизме» дал блестящую критику принципа «экономии мышления». Эта критика целиком применима и к взглядам Эйнштейна. Ленин показал, что если принцип «экономии мышления» положить в основу теории познания, то он приведет к субъективному идеализму.

Многие физики — А. Г. Столетов, М. Планк, В. Вин, Г. Герц и др.— выступали против признания принципа «экономии мышления» руководящим принципом в науке. Так, например, М. Планк писал: «Развитие науки было бы роковым образом задержано, если бы принцип экономии Маха действительно сделался центральным пунктом теории познания» [3].

Диалектический материализм признает единственным критерием истинности практику и считает, что теория тогда «экономна», когда ее правильность подтверждает практика. «Мышление человека тогда „экономно", когда оно *правильно* отражает объективную истину, и критерием этой правильности служит практика, эксперимент, индустрия» [4].

Вопреки утверждению Эйнштейна, теория относительности обязана своим появлением не стремлению к экономии мысли, а тем непреложным фактам реального внешнего мира, которые настоятельно требовали объяснения. Наоборот, очень неэко-

---

[1] А. Эйнштейн. О специальной и общей теории относительности. 1921, стр. 41.

[2] «Под знаменем марксизма», 1940, № 12, стр. 109.

[3] М. Планк. Физические очерки. 1925, стр. 32.

[4] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 157.

номно было заменять «классическую» механику теорией относительности, ибо математический аппарат последней куда сложнее, чем у «классической» механики.

Движущей силой развития теоретической физики Эйнштейн считает внутреннее стремление ученых найти ее единую теоретическую основу (минимум понятий и законов). «Твердое убеждение,— пишет Эйнштейн,— что эта конечная цель может быть достигнута, является главным источником той преданности, которая всегда воодушевляла научного исследователя»[1].

Но и этот взгляд ошибочен: движущим фактором развития физики, в том числе и теоретической, являются материальные потребности общества, развитие производительных сил, развитие техники, а не стремление к единству физических теорий.

Очень хорошо выразил эту мысль Энгельс в письме к Штаркенбургу: «Если, как Вы утверждаете, техника в значительной степени зависит от состояния науки, то в гораздо большей мере наука зависит от *состояния* и *потребностей* техники. Если у общества появляется техническая потребность, то она продвигает науку вперед больше, чем десяток университетов»[2].

Техника ставит перед физикой все новые и новые задачи и тем стимулирует ее развитие, а также дает все более совершенные орудия исследования. В свою очередь, физика оказывает воздействие на развитие производительных сил, на развитие техники. Стремление же к единству теоретических основ физики является производным фактором и обусловлено единством материального мира, отображаемого физикой. Стремление внести порядок в данные науки хотя и играло некоторую роль в деятельности ученых, но оно никогда не было ведущим.

Наука, по мнению Эйнштейна, развивается прежде всего под влиянием потребностей чистого мышления, которые в психологическом отношении проявляются как религиозные потребности.

В статье «Наука и религия» Эйнштейн прямо заявляет: «Я утверждаю, что космическая религиозность является сильнейшей и благороднейшей движущей силой научного исследования»[3]. Под космической религиозностью он понимает веру в закономерность в природе, в разумность мироздания: «Его религиозность (религиозность исследователя.— *М. К.*) лежит

---

[1] «Под знаменем марксизма», 1940, № 12, стр. 106—107.

[2] К. Маркс и Ф. Энгельс. Избранные письма. Госполитиздат, 1948, стр. 469.

[3] A. Einstein. Mein Weltbild, S. 41.

в восторженном удивлении гармонией (Naturgesetzlichkeit) природы» [1].

Глубокая вера в разумность мироздания, отмечает Эйнштейн, вдохновляла Кеплера и Ньютона в их многолетней одинокой работе по исследованию небесной механики. Стремлением увидеть возвещенную Лейбницем «предустановленную гармонию» руководствовался, по мнению Эйнштейна, в своей работе и Планк.

Отвергая религиозные догматы и антропоморфные представления о боге, Эйнштейн тем не менее не отвергает идею бога. Подобно Лейбницу, он выводит существование бога из якобы целесообразного гармоничного и согласованного во всех частях развития Вселенной. Через эту гармонию и осуществляется развитие мирового процесса. Бог представляется Эйнштейну в виде некоего разлитого в природе мирового разума. Это некий таинственный, божественный разум — Разум с большой буквы. «Меня удовлетворяет мистерия вечности жизни, — пишет Эйнштейн,— сознание и предчувствие чудесного строения бытия, а также покорное стремление к постижению крохотной части разума, проявляющегося в природе» [2].

Таким образом, Эйнштейн считает, что движущими силами развития науки являются не насущные потребности жизни, общества, а космическая религиозность и субъективное, ни от каких внешних причин не зависящее стремление к истине. В статье «Принципы исследования», вторя Шопенгауэру, Эйнштейн называет еще один мотив, побуждающий, по его мнению, людей заниматься наукой,— это «бегство из обыденной жизни со всей ее жестокостью и безотрадной пустотой» [3].

По Эйнштейну, получается, что если человек страдает от вовременной капиталистической действительности, то ему не следует возмущаться, протестовать, бороться, а лучше удалиться в тихий уголок и заняться наукой. Наивно думать, что в этом случае «жестокость и безотрадная пустота» капиталистической действительности исчезнут и она превратится в райскую идиллию.

Подобно апологетам чистого искусства, Эйнштейн провозглашает безусловную самоценность научной деятельности, выдвигая формулу «наука для науки». По Эйнштейну, цели науки заключаются в ней самой. Вслед за Пуанкаре он заявляет, что единственной целью науки является истина. Изучение окру-

---

[1] Там же. стр. 43.
[2] Там же, стр. 17.
[3] Там же, стр. 166

жающих нас тел ради одной только этой истины производит якобы некое освобождающее и облагораживающее действие на ученого.

Эйнштейн считает, что существует «чистая» наука, не связанная с жизнью общества, с борьбой классов. По существу, это не что иное, как утверждение беспартийности науки. Но хорошо известно, что нет и не может быть беспристрастной науки в обществе, раздираемом классовыми противоречиями. В. И. Ленин говорил по этому поводу: «Ожидать беспристрастной науки в обществе наемного рабства — такая же глупенькая наивность, как ожидать беспристрастия фабрикантов в вопросе о том, не следует ли увеличить плату рабочим, уменьшив прибыль капитала»[1].

Ленин также неоднократно подчеркивал, что, отрицая партийность своей науки, буржуазия пытается обмануть пролетариат.

В области всякой научной теории нет и не может быть места нейтральности и беспартийности. Не требуется длительного размышления для того, чтобы понять, о развитии какой «чистой» науки мог заботиться генерал Эйзенхауэр, будучи ректором Колумбийского университета.

Наука вовсе не является какой-то замкнутой системой знаний, живущей только своими собственными интересами, не связанной с окружающей действительностью, с политикой. Невозможно ученому замкнуться в «башне из слоновой кости», ибо наука тысячами нитей связана с обществом, с политикой.

Ленин отмечал, что жить в обществе и быть свободным от общества нельзя. Страна, в которой живет Эйнштейн, дает яркий пример того, как магнаты американского империализма используют достижения науки в качестве орудия реакции, шантажа и насилия для все большего угнетения трудящихся. В той же самой Америке, где Эйнштейн находится на службе у правительства в качестве эксперта по атомной энергии, деятели науки подвергаются неслыханному давлению со стороны капиталистических монополий, а вся научно-техническая мысль при помощи подкупа и запугивания ставится на службу задачам атомного вооружения. Милитаризация науки и изгнание прогрессивно настроенных профессоров из университетов США блестяще подтверждают партийность науки.

Утверждая независимость науки от политики, Эйнштейн становится на точку зрения буржуазного объективизма, считающего, что отрыв науки от политики есть главное условие ее развития.

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 19, стр. 3.

Передовой ученый не может безразлично относиться к тому, в каком направлении используются его открытия: направлены они на улучшение жизни трудящихся, на мирное строительство или же они используются для усиления эксплуатации рабочих и подготовки войны. Вопреки утверждениям объективистов, ученый не может стоять вне политики, в стороне от борьбы, а должен принимать в ней деятельное участие, должен с пламенной страстью отстаивать интересы передового класса — пролетариата — и всю свою научную работу подчинять его интересам.

Современная физика не дает никаких аргументов в пользу идеализма. Однако, несмотря на фактически материалистическое содержание физики, многие буржуазные ученые, в том числе и Эйнштейн, в своих философских истолкованиях физики становятся на идеалистическую точку зрения. Являясь стихийными материалистами в своей естественно-научной деятельности, эти же физики в философии сползают на позиции идеализма и начинают нести всякий реакционный вздор. У Эйнштейна это выражается в признании мирового разума, в теориях конечной и расширяющейся Вселенной, в утверждении, что тела суть комплексы ощущений, что материя и энергия превращаются друг в друга и т. д.

Можно сказать, что Эйнштейн — крупный физик, но очень мелкий философ. Именно о таких буржуазных ученых Ленин писал (имея в виду крупного химика, но мелкого философа Оствальда, крупного физика, но мелкого философа А. Пуанкаре): «*Ни единому* из этих профессоров, способных давать самые ценные работы в специальных областях химии, истории, физики, *нельзя верить ни в едином слове*, раз речь заходит о философии»[1].

Эйнштейн иногда проявляет колебания между идеализмом и материализмом. Результаты научных исследований толкают его к стихийному материализму. Однако на сторону материализма он не может стать, потому что этому мешает его положение в буржуазном обществе.

В чем же причина идеалистических шатаний Эйнштейна, что толкает буржуазных ученых к идеализму? Одна из причин, как подчеркивал Ленин, состоит в том, что философия в современном буржуазном обществе является партийной наукой, так же как и две тысячи лет назад. Буржуазные ученые тысячами нитей связаны с капитализмом и его идеологией. Сама природа общества, господствующему классу которого они

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 327—328.

служат, толкает их к идеализму, требует от них реакционности. «...Вся обстановка, в которой живут эти люди,— писал Ленин,— отталкивает их от Маркса и Энгельса, бросает в объятия пошлой казенной философии» [1].

Ленин показал, что другой причиной, толкающей буржуазных ученых к идеализму, является метафизический образ мышления, неумение мыслить диалектически. Незнание диалектического материализма не позволяет физикам противостоять натиску буржуазной идеологии.

Философские шатания Эйнштейна связаны также с его промежуточной идеологией мелкобуржуазного гуманиста и пацифиста. Эйнштейн не понимает решающей роли пролетариата в историческом развитии общества. Он разочаровался в капитализме, но, в отличие от Ланжевена, до сих пор не нашел дороги к пролетариату и продолжает оставаться наивным и ограниченным в своих политических взглядах.

О том, что Эйнштейн разочаровался в капитализме, свидетельствует его письмо, адресованное потомкам, которые будут жить в 6939 г., и зарытое в снаряде особой конструкции на площадке международной нью-йоркской выставки. Он пишет: «Наше время богато творческой мыслью, открытия которой могли бы значительно облегчить нашу жизнь. С помощью электроэнергии мы пересекаем океаны. Мы используем электроэнергию для того, чтобы освободить человечество от утомительного физического труда. Мы научились летать, и мы умеем без труда посылать сообщения по всему миру с помощью электрических волн.

Тем не менее производство и распределение товаров у нас совершенно не организованы, так что каждый человек вынужден жить в страхе быть выброшенным из экономического цикла и лишиться всего. Кроме того, люди, живущие в различных странах, через неравномерные промежутки времени убивают друг друга, и поэтому каждый, кто думает о будущем, должен жить в страхе и ужасе.

Я верю, что наши потомки прочтут эти строки с чувством оправданного превосходства» [2].

Хотя критика капиталистической «цивилизации» не доведена Эйнштейном до конца, так как не указано, почему не удается организовать производство и распределение, но в ней подчеркнут резкий контраст между гигантскими производительными силами, имеющимися в распоряжении капиталистического

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 250.

[2] «Правда», 25 октября 1938 г.

общества, и его неспособностью управлять этими силами. Эту особенность капитализма — неспособность управлять вызванными к жизни производительными силами — Эйнштейн отмечал и в своем ответе на письмо советских ученых (1948). Эйнштейн признает, что капитализм «не в состоянии предупредить безработицу..., не в состоянии поддерживать здоровое равновесие между производством и покупательной способностью населения»[1].

Эйнштейн является сторонником мира, он неоднократно выступал против войны, однако он не видит правильных путей ее уничтожения и апеллирует к реакционной коспомолитической идее «всемирного правительства».

Философские взгляды Эйнштейна в своей основе представляют собой «физический» идеализм, ибо он не признает существования не зависящего от сознания материального мира.

Для философских взглядов Эйнштейна характерна все увеличивающаяся их эволюция в сторону идеализма. Особенно ясно это выявляется в его предисловии к книге Л. Барнета «Вселенная и доктор Эйнштейн», уже упоминавшейся ранее. В этой книге под флагом науки проповедуется самый махровый идеализм — нематериальность электрона, фотона, отрицание объективного существования пространства и времени, ограниченность Вселенной в пространстве и времени, отрицание причинности, превращение массы в энергию, непознаваемость мира и т. д. В одном месте Барнет утверждает, что настанет момент, когда во Вселенной «полностью восторжествует случайность, когда прекратится всякая связь между причиной и следствием, время утратит свое содержание,— времени просто не будет». Со всеми этими нелепостями Эйнштейн соглашается в своем предисловии. Философские взгляды Эйнштейна ясно показывают, как в процессе практической деятельности буржуазных физиков идеалистическая философия вступает в противоречие с методом и практикой их работы.

Это противоречие является одним из выражений кризиса физики в отживающем свой век буржуазном обществе.

---

[1] «Новое время, 1948, № 11, стр. 14.

Р. Я. ШТЕЙНМАН

ЗА МАТЕРИАЛИСТИЧЕСКУЮ ТЕОРИЮ БЫСТРЫХ ДВИЖЕНИЙ

ПОСТАНОВКА ВОПРОСА

В связи с развернувшейся в нашей стране критикой буржуазных влияний в науке обострилась и идейная борьба вокруг теории относительности. Подверглись критике некоторые реакционные выводы из этой теории. Была показана реакционная идеалистическая сущность мировоззрения Эйнштейна. Однако основное содержание теории относительности не было подвергнуто серьезному критическому анализу.

Большинство наших физиков-теоретиков придерживается мнения, что теория относительности в обычной ее трактовке, идущей от Эйнштейна, правильна и не нуждается в каких-либо изменениях. Доказательство этого они видят в том, что ряд выводов теории относительности оправдывается на опыте: соотношение между массой и энергией лежит в основе расчетов ядерных реакций и превращений «элементарных» частиц; полученное в связи с теорией относительности уравнение для свободного электрона — уравнение Дирака — приводит в ряде случаев к правильным результатам (формула рассеяния света свободными электронами, рождение и аннигиляция пар и другие); релятивистская механика и электродинамика используются при расчете ускорителей быстрых заряженных частиц. А раз теория приводит к ряду результатов, оправдываемых экспериментом, то следует признать — утверждают эти физики, — что и теория в целом правильна. Отдельные же ложные философские выводы, по их мнению, обусловлены не ложным пониманием самой физической теории, а непосредственным влиянием реакционного мировоззрения многих зарубежных физиков. Такие выводы, заявляют наши релятивисты, надо отсекать от физического изложения основ теории и отбрасывать.

Можно ли согласиться с такой точкой зрения на теорию относительности? Мы полагаем, что нельзя. Ученые, подчеркивающие плодотворность теории относительности в некоторых

областях физики, игнорируют общеизвестный факт, что многочисленные попытки Эйнштейна создать последовательную «геометрию мира», т. е. формальными методами установить единую теорию полей, ни к чему не привели. Они замалчивают провал попытки Эйнштейна релятивировать ускорение. Наконец,— и это, пожалуй, самое важное — они забывают, что, наряду с частными успехами, релятивистская теория «элементарных» частиц привела в некоторых случаях в тупик — к известным расходимостям (бесконечным значениям энергии), не устраненным и по настоящее время. Естественно предположить, что наличие столь большого числа неудач теории связано с неправильной трактовкой самих ее основ.

Критический разбор основ теории относительности, истории ее возникновения и ее многочисленных затруднений действительно убеждает в том, что причиной тупика, в который зашли Эйнштейн и его последователи еще 30 лет назад, является ошибочная, операционалистическая трактовка теории, данная Эйнштейном. Основным пороком эйнштейновского понимания теории относительности является кинематизация (или геометризация) основ последней. Это, в свою очередь, связано с тем, что соотношения между пространственными и временными величинами, полагаемые в основу теории, рассматриваются как следствия некоторых универсальных *принципов измерения* этих величин, в силу этого имеющие неограниченное применение. Именно вследствие такого понимания теории относительности она часто применяется к областям явлений, для которых справедливость ее более чем сомнительна.

Указанная трактовка теории относительности обусловлена махистским мировоззрением Эйнштейна. Но в таком случае возникает вопрос: как же объяснить успех теории относительности в перечисленных выше областях явлений? Не получается ли из сказанного странный вывод, что идеалистическая концепция Эйнштейна в каких-то пределах верна, поскольку теория относительности в этих пределах оправдывается опытом?

Такой вывод сделать нельзя. Ибо те количественные закономерности, которые составляют положительное содержание теории относительности и оправдываются экспериментом, на самом деле имеют совсем другой физический смысл, нежели у Эйнштейна. Существуют две концепции, или *две линии* в развитии современного физического учения о быстрых движениях и связанных с ним воззрениях на пространство и время — материалистическая и идеалистическая. Материалистическая линия берет начало от великого русского геометра Н. И. Лобачевского, ее виднейшими представителями были выдающиеся

физики-материалисты конца XIX и начала XX вв. — Г. А. Лоренц, Н. А. Умов, П. Ланжевен и др. Другая линия — идеалистическая — берет начало от Маха, ее наиболее видным представителем является А. Эйнштейн.

В этой статье мы ставим себе задачу выявить сущность материалистического понимания закономерностей быстрых движений, противопоставить его энштейновскому, и показать реакционность и несостоятельность последнего. Мы последовательно рассмотрим историческое подготовление основ теории относительности как в общем учении о пространстве и времени, так в физике (исследования Лоренца по электродинамике), выясним, в чем состоит материалистическое понимание этой теории, а затем перейдем к разбору обоснования теории, данного Эйнштейном. При этом мы ограничимся специальной теорией относительности, которая играет в физике более значительную роль, нежели общая теория относительности.

РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ. УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАКОНОВ БЫСТРЫХ ДВИЖЕНИЙ

1. В основе теории относительности лежат лоренцевы уравнения преобразования, выражающие определенные соотношения между пространственными и временными величинами. Эти соотношения коренным образом отличаются от тех, которые были общеприняты в механике и физике XVIII—XIX вв. и находили свое выражение в уравнениях преобразования Галилея.

Лоренцевы уравнения преобразования связаны с существенно иными представлениями о пространстве и времени, нежели галилеевы. Поэтому прежде всего важно выяснить, чем была вызвана необходимость изменения физических взглядов на пространство и время и каковы предпосылки, которые сделали такое изменение возможным. Ответ на этот вопрос, который мы даем в первом разделе статьи, состоит в том, что изменение физических взглядов на пространство и время стало необходимым и возможным в связи *с коренными изменениями физических представлений о материи, движении и взаимодействии*, происшедшими в результате открытия электромагнитного поля и электронов и установления неразрывной связи вещества и поля.

Разработке новых воззрений на пространство и время предшествовала критика старых метафизических взглядов Ньютона. Исторически этим воззрениям предшествовали также новые представления о пространстве в геометрии Лобачевского,

равно как и создание научно-материалистического философского учения о пространстве и времени классиками марксизма.

Прежде чем приступить к рассмотрению возникновения новых, более глубоких представлений о пространстве и времени, необходимо коротко разобрать существо тех взглядов, которые господствовали в физике до конца XIX в.

До конца XIX в. в физике господствовали ньютоновские представления о пространстве и времени, изложенные им в «Математических началах натуральной философии». Напомним суть этих воззрений.

Материальные тела существуют и движутся в абсолютном пространстве и абсолютном времени. Абсолютное пространство — это беспредельная пустота, лишенная вещественности. Пространство, в отличие от вещества, ни на что не действует и не подвергается воздействию. Оно абсолютно неподвижно, абсолютно проницаемо и непрерывно, делимо на произвольные части. Пространство трехмерно. Количественные закономерности пространства (его метрические отношения) характеризуются геометрией Эвклида. Пространство абсолютно однородно, оно одинаково везде.

Абсолютное время есть «чистая длительность», текущая равномерно и независимо от каких бы то ни было совершающихся процессов. Время — особая объективная реальность, оно также не зависит от материи, как и пространство, оно не зависит и от пространства. В отличие от пространства, время одномерно, его изменение характеризуется равномерно возрастающим числовым рядом, причем изменения времени происходят в одном направлении, от прошедшего к будущему.

Однако, хотя тело в каждый момент времени занимает определенное (абсолютное) место в пространстве, его положение приходится устанавливать относительно других тел, так как разные места абсолютного пространства ничем не выделены, ничем не отличаются друг от друга. Момент времени, в который совершается данное событие, также отмечается относительно других событий, по той же причине. Следовательно, для определения места и момента данного события приходится выбирать определенные тела и материальные процессы, относительно которых событие задается; существенно, чтобы эти тела и процессы были достаточно неизменными. Совокупность тел и процессов, выбираемых для определения положения тела и момента события, носит название системы отсчета. Определение длин (расстояний) и длительностей составляет необходимую часть исследования любого процесса, поэтому правильный выбор системы отсчета очень важен.

Можно ли при помощи какой-либо системы отсчета определить движение относительно абсолютного пространства и времени, т. е. абсолютное движение? В том, что такое движение существует, Ньютон не сомневался. Больше того, только абсолютные движения Ньютон считал истинными. Существенно, что истинное движение относится именно к каждому *отдельному* телу, безотносительно к другим телам. Но каким образом можно обнаружить абсолютное движение тела, т. е. движение его в абсолютном пространстве и в абсолютном времени? На этот вопрос Ньютон отвечает: абсолютную скорость определить нельзя (в силу принципа относительности «классической» механики), абсолютное же ускорение измерить можно. Этот вывод следует из уравнений Ньютона.

На опыты, доказывающие невозможность измерения абсолютной скорости, ссылался еще Галилей, отмечая, что все механические процессы на равномерно движущемся корабле происходят так же, как и на неподвижном; мы не воспринимаем поступательного движения Земли, которое можно считать равномерным. Физическое значение имеют только относительные скорости тел, именно они связаны с взаимодействиями тел, т. е. могут определять взаимодействия и определяются ими. Абсолютность же ускорения доказывается Ньютоном тем, что оно может быть определено непосредственно на ускоряемом теле, безотносительно к другим телам, по силам инерции. Таковы воззрения Ньютона на пространство и время.

2. На какой почве возникли ньютоновы представления? Они отнюдь не навязываются сами собой, на основе обычного житейского опыта, как иногда утверждают. Эти представления являются результатом далеко идущей абстракции, *они органически связаны с ньютоновскими взглядами на материю.*

Эти взгляды в значительной мере воспроизводят идеи атомистов древности. Материя, по Ньютону, есть совокупность атомов — бескачественных, абсолютно неизменных по величине и форме непроницаемых частиц. Частицы материи разделены пустотой, пространством, лишенным материи; пустота является неизбежным дополнением к абсолютно отграниченным один от другого и не связанным между собою атомам. Следовательно, в мире существуют места, где нет никаких тел, никакой материи, где ничего не совершается. Больше того, без пустоты в мире не могло бы быть движения, изменения. Значит, наряду с материей должна существовать особая реальность, особый объект — пустое пространство, вместилище твердой непроницаемой материи. Протяженность частиц есть присущее им свойство совпадать с определенной областью простран-

ства, имеющей неизменный размер и форму, следовательно, протяженность есть нечто отличное от пространства. Протяженность и пространство — понятия разные.

Понятие абсолютного времени как особого объекта возникло только в XVII в., вместе с представлением об абсолютном движении по инерции, вместе с динамикой. В понятии абсолютного времени находит выражение идея абсолютно неподвижной, мертвой, недеятельной по своей природе материи, для которой движение есть возможное, но не необходимое состояние.

Идея абсолютного времени, как и абсолютного пространства, логически связана с ньютоновской концепцией взаимодействия. Понимание взаимодействия в физике как во времена Ньютона, так и в течение последующих полутора веков было двойственным. С одной стороны, сохранилось старое представление о непосредственном столкновении идеально твердых тел. В данном случае взаимодействие происходит на геометрической поверхности (в частности, в геометрической точке), по которой тела соприкасаются. Важнейшей особенностью такого типа взаимодействия является его мгновенность. Это вытекало из представления об идеальной твердости атомов тела, так что воздействие на какую-либо одну точку этого тела передается мгновенно по всем направлениям. Сторонники же дальнодействия принимали, что взаимодействие тел происходит при посредстве сил на расстоянии (тяготение). Однако и в данном случае действие одного тела на другое передается мгновенно. Эта концепция мгновенности передачи действия от одного тела к другому соответствовала представлению об абсолютном отрезке времени.

Взгляд на пустое пространство как на особый объект отнюдь не был общепринятым. Он встречал возражения и в древности и в новое время. Его противоположностью была идея мирового эфира. Противники пустоты аргументировали тем, что объект, ни на что не действующий и не подвергающийся воздействию, не может реально существовать. Они оспаривали утверждение атомистов о наличии абсолютного предела делимости материи и, следовательно, об абсолютной твердости «последних» частиц материи. Однако, отвергая мысль о независимости от материи пространства, равно как и представление об абсолютно твердых, неизменных частицах, сторонники эфира не отказывались от положения о *неизменности объема* самой материи. Это положение нашло в дальнейшем математическое выражение в гидромеханическом уравнении сплошности (для несжимаемой жидкости). Приверженцы эфира считали также единственно возможной геометрию Эвклида.

Таким образом, сторонники сплошного эфира отказывались от представления Ньютона о существовании пустого пространства как особого объекта, но попрежнему продолжали считать протяженность материальных тел и составляющих их частиц величиной абсолютной, совершенно не зависящей от движения. Они сохранили также представление об абсолютности времени. Идея пустого пространства восторжествовала вместе со всей физической концепцией ньютонианства и господствовала в физике вплоть до возрождения теорий эфира в XIX в. Теории же эфира XVIII в. не вступали в противоречие с утверждением о существовании пустоты, поскольку эфир в то время представляли в виде газа.

Принцип относительности макромеханики, нашедший выражение в ее уравнениях преобразования, не противоречил представлениям о пустом пространстве и абсолютном времени, хотя мог быть совмещен и с понятием о мировой среде.

Галилеевым уравнениям преобразования соответствуют два инварианта, две величины, остающиеся неизменными при любых преобразованиях координат — расстояния между местами событий и промежуток времени между событиями. Таким образом, в галилеевых преобразованиях находят выражение воззрения классической физики на размеры тел и на длительность процессов. Они выражают также представление о движении как о чисто внешнем переносе тела, могущем происходить с произвольной скоростью.

3. Ньютоновы представления о пространстве и времени господствовали в физике на протяжении полутора веков. Если включить в эту систему взглядов также положение об абсолютной справедливости эвклидовой геометрии и учесть, что генезис этих воззрений восходит к древним атомистам, то длительность их господства следует считать несравненно большей. Это обстоятельство послужило метафизически мыслящим философам поводом для утверждений, будто ньютоновы воззрения на пространство и время принципиально не могут быть поколеблены, что они якобы вечны. Кант утверждал, что господствующие воззрения на пространство и время — врождены, априорны и, следовательно, не могут быть доказаны или опровергнуты опытом. Для нашего изложения не представляет интереса углубляться в детали реакционных, враждебных науке кантианских утверждений, пытавшихся увековечить ограниченность знаний о пространстве и времени.

Критика ньютоновского учения о пространстве впервые была дана Н. И. Лобачевским — творцом неэвклидовой геометрии.

По Лобачевскому, пространственные отношения тел — их размеры, соотношения между расстояниями и направлениями — представляют собой определенную форму физических отношений; *геометрия есть часть физики*. Геометрические отношения в конечном счете определяются взаимодействиями тел — связывающими их силами и движениями. Поэтому расстояния входят в силовые законы наряду с массами и зарядами. Исходя из этих взглядов, Лобачевский доказал принципиальную возможность существования геометрии, отличающейся от эвклидовой.

В геометрии Лобачевского пространственные отношения существенно отличаются от эвклидовых, с которыми мы имеем дело в сравнительно небольших объемах пространств. Какие же пространственные отношения справедливы в очень больших (или очень малых) областях? На этот вопрос Лобачевский отвечает: вопрос о справедливости той или иной геометрии может решить только опыт. Он сам предпринял вычисления, основанные на наблюдательных данных астрономии, имевшие целью установить правильность той или иной геометрии в космических областях [1].

Лобачевский нанес сокрушительный удар кантовскому апрioризму, а также метафизике Ньютона. Идеи, высказанные Лобачевским, сыграли огромную роль в дальнейшем развитии учения о пространстве. Как известно, идеи Лобачевского долго оставались непризнанными. Они получили признание только во второй половине XIX в. Продолжателями Лобачевского были Риман и Гельмгольц. Однако в физике воззрения Ньютона на пространство и время не были серьезно поколеблены до тех пор, пока в ней не возникли новые представления о материи, движении и взаимодействии.

4. Глубокая критика всего учения Ньютона о пространстве и времени с позиций последовательно научной, материалистической философии была дана Энгельсом. Согласно Энгельсу, пространство и время суть формы существования движущейся материи. Представлять себе, что формы существования материи могут вести самостоятельное от нее существование, что они могут быть там, где материи нет, значит метафизически расчленить мир на отдельные стороны и формы, вырвать эти стороны из реальной связи и объявить их самостоятельными объектами, вовсе друг с другом не связанными; другими словами, это значит стать на позиции метафизические, антидиалектические и, следовательно, ненаучные. Энгельс едко высмеивает

[1] Подробнее см. статью Н. В. Маркова в настоящем сборнике.

такой метод мышления. Он пишет: «Это старая история. Сперва создают абстракции, отвлекая их от чувственных вещей, а затем желают познавать их чувственно, желают видеть время и обонять пространство... Разумеется, обе эти формы существования материи без материи суть ничто, пустые представления, абстракции, существующие только в нашей голове»[1].

Метафизики сначала отрывают пространство от протяженных вещей, а время — от реальных процессов, а затем говорят об их внечувственности, об абсолютности и даже непознаваемости этих абстракций, заимствованных из материального мира, из мира конкретных тел. Абсолютное противопоставление пространства и протяженности тел, времени и длительности процессов несостоятельно. В действительности пространство и время не существуют вне протяженных вещей и длящихся материальных процессов.

Когда мы рассматриваем более общую материальную систему, к которой принадлежит некоторый объект, и отвлекаемся от всех других свойств этой системы (кроме ее протяженности), то мы называем такую систему областью пространства, в которой существует и движется данный объект. Геометрические свойства этой области пространства определяются природой материальной системы. Следовательно, закономерности пространства и времени не являются ни априорными, ни непознаваемыми. Они определяются материей. Но так как не существует однородной бескачественной материи, повсюду одинаковой, то, стало быть, нет и абсолютно однородных пространства и времени, свойства и закономерности которых были бы везде и всегда одинаковыми. Таков неизбежный вывод, который следует из всей концепции Энгельса.

Значит ли это, что понятия пространства и времени вообще являются лишними, что это «общие слова»?

Нет, не значит. Положение здесь такое же, как и с понятиями материи, движения, формы материи и т. п. Согласно учению диалектического материализма, общее существует реально, объективно. Оно существует не оторванно от отдельного и единичного, а в них самих. Пространство, в котором существует и движется тело, есть протяжение всей материальной системы, к которой это тело принадлежит, частью которой оно является. Мы говорим, что данный процесс происходит во времени, потому что он есть *часть* более общего процесса, более общей формы движения, происходящего в той материальной системе, к которой относится изменяющийся объект. Разумеется, и

---

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1950, стр. 187.

материальная система, к которой принадлежит данное тело в свою очередь есть часть еще более общей системы. Градации материи бесконечны. Но в каждой действительной системе, в каждой совокупности взаимосвязанных тел господствуют специфические для данного типа систем закономерности. Поэтому можно говорить и о характерных для данного типа тел или систем пространственных и временных отношениях. К этому общему положению, неизбежно вытекающему из диалектико-материалистического понимания пространства и времени, мы еще вернемся в дальнейшем, при рассмотрении результатов, достигнутых современной физикой.

5. Буржуазная наука не усвоила идей Энгельса. На буржуазных ученых все большее влияние стали оказывать различные идеалистические школы, возрождавшие по существу давно опровергнутые взгляды. Наибольшее влияние оказали воззрения Э. Маха, в частности в вопросе о пространстве и времени.

Мах критикует взгляды Ньютона на пространство и время. Он показывает, что физика не имеет дела с абсолютным пространством и абсолютным временем. Однако, критикуя слабые стороны учения Ньютона, Мах вместе с водой выплескивает из ванны и ребенка. С чем же имеет дело физика, что такое пространство и время? По Маху, не существует вообще пространства и времени как объективных форм существования вещей. Есть только события или совпадения наших восприятий: мы получаем множество различных восприятий, которые как-то упорядочены. Одновременное распределение разных «событий», «элементов», мы называем пространством. Мы воспринимаем явления последовательно, друг за другом, одно появляется после исчезновения другого; мы называем самый факт последовательности наших восприятий временем. Таким образом, утверждает Мах, пространство и время есть упорядочение или группировка наших восприятий («событий») в соответствии с другими рядами событий. Для большей определенности мы вводим в характеристику упорядоченности количественные отношения, которые мы называем геометрией (по отношению к пространству), исчислением времени (по отношению к событиям, следующим одно за другим).

Так Мах выбрасывает за борт материализм вообще. Как же в таком случае Мах и его единомышленники объясняют наличие строгой закономерности в пространственных и временных отношениях вещей? Оказывается, они это сделать и не в состоянии. С точки зрения ньютонианцев аксиомы Эвклида необъяснимы потому, что они вечны и изначальны. С точки зрения

махистов основные законы геометрии также необъяснимы, потому что они нам даны непосредственно в опыте, т. е. в восприятиях. Как с точки зрения махизма можно объяснить типичный размер того или иного объекта или типичную длительность того или иного процесса («интервала между событиями»)? Да никак. С их точки зрения невозможно понять, почему события — эти «точечные» вспышки в нашем «мироощущении» — разделены *определенными* расстояниями и *определенными* промежутками времени. А ведь весь опыт учит, что размеры тел и длительности процессов типичны, характерны для них. Мы видим, что махизм полностью игнорирует результаты науки и практики.

Глубокая критика махистских воззрений на пространство и время была дана В. И. Лениным.

«Нельзя выдержать последовательно точку зрения в философии, враждебную всякому фидеизму и всякому идеализму,— говорит В. И. Ленин,— если не признать решительно и определенно, что наши развивающиеся понятия времени и пространства *отражают* объективно-реальные время и пространство; приближаются и здесь, как и вообще, к объективной истине»[1]. У Маха же получается «явная идеалистическая бессмыслица, неизбежно вытекающая из учения, что тела суть комплексы ощущений. Не человек со своими ощущениями существует в пространстве и времени, а пространство и время существуют в человеке, зависят от человека, порождаются человеком, вот что выходит у Маха»[2].

К чему приводит субъективистское понимание пространства и времени, показывает пример самого Маха. Так, Мах писал, что «химические элементы не обязательно представлять себе в пространстве с тремя измерениями». Также не обязательно, по Маху, представлять себе в трехмерном пространстве и электрические процессы. От субъективизма к прямой мистике, к бытию вне времени и пространства — таков путь махизма.

Только признавая пространство и время объективными формами существования материи, можно ставить вопрос об объяснении закономерностей этих форм, можно искать необходимые связи между пространственно-временными свойствами вещей и их структурой, их природой, связи между геометрией и физикой.

Поэтому неудивительно, что влияние идей махизма сказалось отрицательно на развитии физики, что это влияние, как мы

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 164.
[2] Там же, стр. 165.

убедимся в дальнейшем, тормозило прогресс физического учения о пространстве и времени.

6. Развитие физики, прежде всего теории электронов и электромагнитного поля, в конце XIX и в начале XX в. подтвердило правильность воззрений на пространство и время диалектического материализма; данные физики опровергли махистские реакционные воззрения на пространство и время.

Открытие электромагнитного поля, существование которого было предсказано М. Фарадеем и К. Максвеллом (сформулировавшими его общие законы) и экспериментально установлено Г. Герцем и П. Н. Лебедевым, привело к критическому пересмотру ньютоновских представлений о взаимодействии и движении. Мгновенное дальнодействие было отвергнуто. Н. А. Умовым и Г. Герцем была вскрыта ограниченность старого понимания движения как простого переноса; движение заряженного тела не может не сопровождаться изменениями в поле, связывающем его с другими телами. Но в таком случае не может быть вполне точным и ньютоновский закон простого геометрического сложения скоростей, и классическая механика в целом. В самом деле, в ньютоновской механике принимается, что действие силы не зависит от состояния движения (скорости) тела, на которое сила действует. Поскольку любое действие передается с конечной скоростью, закон этот заведомо должен быть лишь приближенным. Скорость движения тела в поле не может возрастать беспредельно. Этот вывод ставит под сомнение неограниченную применимость галилеевых преобразований пространственных и временных координат.

Дальнейшее развитие учения о поле в электронной теории, установление неразрывной связи между веществом и полем привели к коренному изменению не только понятий движения и взаимодействия, но и господствовавших на протяжении веков физических представлений о пространстве и времени, о протяженности тел и длительности процессов. Физика объективно пришла к выводу, задолго до этого сформулированному диалектическим материализмом, что пространство и время являются формами существования движущейся материи, а отнюдь не самостоятельными объектами, сосуществующими рядом с материей, в отрыве от нее. Физика объективно пришла к выводу, что протяженность тел и длительность процессов — не абсолютно неизменные свойства, а зависят от движения. В процессе взаимодействия с другими телами размер данного тела при различных его скоростях оказывается различным. В некоторых пределах изменяется при взаимодействии и периодич-

ность процессов, причем между изменениями размера и длительности имеется определенная связь.

Чтобы понять ход физических идей, который привел к указанным выводам, необходимо прежде всего вспомнить об основных положениях лоренцевой электронной теории.

Согласно этой теории, все тела состоят из положительно и отрицательно заряженных частиц, несущих дискретные заряды; Лоренц часто называл их электронами — в широком смысле слова. Положительные заряды всегда связаны с атомами вещества, отрицательные частицы — электроны в собственном смысле слова — могут существовать и независимо от атомов. Кроме заряженных частиц, в природе существует еще эфир — универсальная мировая среда, особым состоянием которой и является электромагнитное поле, создаваемое электронами.

В основу электронной теории Лоренца положены определенные законы взаимодействия электромагнитного поля и производящих его заряженных частиц; эти законы представляют собой обобщение опыта[1]:

1) Источником электромагнитного поля являются электроны. Они несут неделимые, наименьшие электрические заряды e, как положительные, так и отрицательные.

2) При движении электрона вокруг него образуется магнитное поле. Магнитное поле не имеет особых источников. Электрическое и магнитное поля характеризуются напряженностями **E** и **H** в каждой точке, измеряемыми возможным действием поля на единичный «пробный» заряд или магнитный полюс.

3) При изменении во времени магнитного поля в какой-либо точке вблизи этой точки возникает электрическое поле, и наоборот. Процесс этот происходит с определенной скоростью c, характерной для электромагнитного поля,— со скоростью света.

Поле действует только на электроны. Там, где плотность заряда равна нулю, поле действовать не может. Сила, действующая на электрон, слагается из двух частей. Первая часть исходит от электрического поля и пропорциональна напряженности **E**; она равна $e\mathbf{E}$; вторая часть исходит от магнитного поля и пропорциональна магнитной напряженности **H** и скорости движения электрона **v**; она равна

$$\mathbf{F}_{\text{магн}} = \frac{e}{c}[\mathbf{vH}]\,^*.$$

[1] См. Г. А. Лоренц. Теория электронов. ОНТИ, Л.— М., 1935.

* [**vH**]—векторное произведение векторов **v** и **H**.

Таким образом, уравнения Лоренца содержат все существенное, что было открыто Максвеллом для вакуума и, кроме того, опытный закон о действии поля на электроны. Электрон производит поле, которое действует пондеромоторно (динамически) на другие электроны. Важно подчеркнуть, что в теории Лоренца законы образования поля электроном не связаны с законом действия поля на электрон.

Все взаимодействия распространяются в поле с конечной скоростью, равной скорости света. Следовательно, сила, действующая на электрон в данный момент, зависит не от тех положений и скоростей других электронов, создавших рассматриваемое поле, которые им присущи в данный момент времени, а от их положений и скоростей в предшествующие моменты времени (запаздывающее действие).

Что же такое электромагнитное поле в понимании Лоренца? Это *особое состояние эфира*. Лоренц не решает вопроса, сводится ли поле к смещениям или движениям элементов эфира, или оно вообще не связано с какими-либо механическими перемещениями частей среды[1]. Однако он явно склоняется ко второй возможности. Лоренц предпочитает говорить просто о некотором состоянии эфира, проявляющемся в пондеромоторных действиях на электроны и связанном с энергией и с импульсом особого рода[2].

Поле действует непрерывно, в каждой точке, занимаемой зарядом. Оно подчинено правилу суперпозиции. Напряженности полей складываются (векторно), энергия же полей, наложенных друг на друга (точнее, плотность энергии в данном месте), не равна сумме их энергии в отдельности, поскольку энергия пропорциональна квадратам напряженностей. Лоренц подчеркивает, что хотя поле подчиняется правилу суперпозиции, однако разделение поля на простые слагающие, принадлежащие отдельным источникам, невозможно.

Вернемся к вопросу, что такое электрон. Единственное, что о нем могла сказать лоренцева электронная теория, сводится к утверждению, что электрон есть *модификация эфира*; он отличается от эфира, во-первых, тем, что является источником электрического и — при движении — магнитного полей, во-вторых, тем, что он единственный приемник механического действия поля. Сводятся ли все свойства электронов

---

[1] См. Г. А. Лоренц. Теория электронов, стр. 14, 26.

[2] Реальное существование электромагнитного импульса было доказано в экспериментах П. Н. Лебедева.

к этим двум или же электрон обладает еще какими-либо свойствами, на этот вопрос теория Лоренца не давала ответа.

Таким образом, вещественность электронов, в отличие от поля в эфире, по Лоренцу, состоит в том, что электрон способен испытывать механические действия как целое, части же эфира не испытывают пондеромоторного действия. Последнее утверждение коренным образом отличает теорию Лоренца от максвелловской электродинамики, приписывавшей эфиру механические натяжения и давления.

Рассмотрим подробнее поле, связанное с электроном в разных состояниях движения. В неподвижном состоянии электрон создает электрическое (электростатическое) поле. Энергия поля локализована в эфире, проникающем сквозь электрон и окружающем его. Когда электрон движется инерциально с постоянной по величине и направлению скоростью, вокруг него существует электрическое и магнитное поля. Эти поля «воспроизводятся» при движении электрона. Электрическое поле равномерно движущегося электрона отличается от электрического поля неподвижного электрона тем, что оно не обладает сферической симметрией, как в первом случае; напряженность поля растет в направлениях, перпендикулярных направлению движения; электрическое поле движущегося электрона такое же, как у сплюснутого эллипсоида вращения. Магнитное поле симметрично относительно направления движения, напряженность его перпендикулярна напряженности электрического поля и направлению движения.

При неравномерном движении электрона сопровождающее его поле не сохраняет своей энергии и импульса; часть энергии расходуется на излучение, зависящее от ускорения электрона. Поле излучения отделяется от поля электрона и распространяется далее независимо от него со скоростью света. Поле излучения, отпочковывающееся от поля электрона, имеет иную структуру, нежели поле, связанное с электроном. Поле излучения поперечно, векторы электрической и магнитной напряженности направлены перпендикулярно друг к другу и к направлению распространения. В поле, связанном с электроном, получившем, в отличие от поперечного поля излучения, название продольного, линии электрической напряженности расходятся от электрона, магнитные линии образуют концентрические круги вокруг направления движения электрона. Напряженность поперечного поля, создаваемого электроном, пропорциональна обратному расстоянию от источника $\left(\sim\frac{1}{r}\right)$; напряженность продольного поля изменяется пропорционально обрат-

ному квадрату расстояния $\left(\sim\frac{1}{r^2}\right)$. Таким образом, существуют два основных типа электромагнитного поля.

Изложенные положения электронной теории получили хорошее подтверждение при исследовании движения электронов в электрическом и магнитном поле. Динамика электронов лежит в основе множества современных приборов — ускорителей заряженных частиц и др. Классическая теория излучения свободных электронов подтверждена открытием так называемого «светящегося электрона»[1].

7. Важнейшей особенностью электронной теории, коренным образом противопоставившей ее всей предшествующей физике, явилось новое воззрение на основные свойства частиц. До электронной теории такие свойства частицы, как масса и объем, считались абсолютно неизменными и, следовательно, не подлежали никакому объяснению. Ибо объяснить можно такие свойства вещей, которые чем-то обусловлены, от чего-то зависят. В электронной теории принимается, что масса электрона обусловлена созданным им полем и изменяется в зависимости от энергии поля, связанного с электроном. Доказывается это положение так. Поле, связанное с движущимся электроном, обладает определенным импульсом, определяемым значением напряженностей электрического и магнитного полей[2]. Простым расчетом можно показать, что импульс G (для небольших скоростей) пропорционален энергии электрического поля U_0, создаваемого неподвижным электроном, и скорости **v** электрона

$$\mathbf{G} = \frac{4}{3}\frac{U_0}{c^2}\mathbf{v}.$$

Поскольку импульс равен произведению массы на скорость, ясно, что масса электрона пропорциональна энергии связанного с электроном поля. Так электронная теория приходит к полевой теории массы, т. е. к объяснению инертности электрона его полем, или его действиями в эфире. Однако последовательное проведение этой теории натолкнулось на ряд трудностей, рассмотрение которых выходит за рамки этой статьи. Несмотря на эти трудности полевой теории массы, ее значение в физике нельзя недооценивать. Это была первая попытка объяснить природу инерции.

---

[1] См. Д. Иваненко и А. Соколов. Классическая теория поля. Гостехтеоретиздат, 1951, § 43.

[2] Г. А. Лоренц. Теория электронов, стр. 47—50; см. также Р. Беккер. Теория электричества. ГТТИ, М.— Л., 1941, стр. 46.

Будучи зависимой от поля, масса тела изменяется вместе с изменением структуры поля. Когда электрон движется со значительной скоростью, сравнимой со скоростью света, его поле становится иным, нежели у неподвижного электрона. Поле деформируется; сферический источник поля как бы «сплющивается» в экваториальной плоскости (если за полюсы электрона принять точки пересечения его осью, лежащей в направлении движения). Подобное поле создается заряженным эллипсоидом, сплюснутым в направлении движения. При этом с приближением скорости электрона к скорости света напряженности поля стремятся к бесконечности. Соответственно стремятся к бесконечности и энергия и импульс деформированного поля электрона. Следовательно, и масса электрона при приближении его скорости к скорости света возрастает, стремясь к бесконечности.

Таким образом, масса движущегося электрона является величиной переменной, связанной со значением его массы в состоянии покоя m_0 («массой покоя» или собственной массой) соотношением

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Лоренц рассматривает также и объем электрона как изменяющуюся величину. В отличие от Абрагама, защищавшего точку зрения, что электрон, подобно материальной частице в «классической» физике, должен обладать неизменным объемом, Лоренц полагает, что объем и форма электрона изменяются при движении. Если принять, что в состоянии покоя электрон имеет форму шарика, то при движении он должен принять форму сплющенного в направлении движения эллипсоида, т. е. его объем уменьшается. Это допущение Лоренца коренным образом противоречит представлениям так называемой «классической» физики о свойстве вещества — сохранять неизменный объем. Таким образом, и второй признак вещественности в «классической» физике,— абсолютный объем — также был отнят у элементарной заряженной частицы, у электрона.

Так физические величины, характеризующие электрон (масса, объем) в «электронной» теории, оказались зависящими от того поля, которое он при своем движении создает в эфире.

Опыт полностью подтвердил положения электронной теории о зависимости свойств электронов от движения.

Таким образом, электронная теория внесла глубокие изменения в физические представления о простейших формах мате-

рии и движения. Частицы вещества предстали как неразрывно связанные с электромагнитным полем, в свою очередь связывающим их с другими частицами. Движение частиц вещества стало рассматриваться не как простое перемещение в пустоте, непосредственно ни с чем не связанное, а как сопровождающееся изменениями поля. В случае инерциального движения электрона связанное с ним поле в точности *воспроизводится*, сопровождая его при движении: при изменении же скорости электрона его поле перестраивается. Особенно существенно то обстоятельство, что значение скорости оказывается не безразличным для частиц. Выяснилось, что масса частиц не постоянна, а переменна и зависит от скорости, точнее, от отношения v/c. Система заряженных частиц меняет пространственные размеры, сплющиваясь в направлении движения в зависимости от той же величины. В дальнейшем (уже после 1905 г.) Лоренц показал, что и темп процессов в системе должен изменяться в зависимости от скорости системы.

8. Лоренц, сделав в электронной теории значительный шаг вперед от старых представлений о веществе, движении, протяженности и длительности, не сумел полностью отойти от воззрений физики XIX в., сохранив представление о поле как о *состоянии* универсальной мировой среды — неподвижного эфира, который явился, в сущности, своеобразной материализацией абсолютного пространства Ньютона. Поэтому из его теории вытекало заключение, оказавшееся в полном противоречии с опытом, что электродинамика (и оптика) дает принципиальную возможность физически обнаружить абсолютную скорость заряженной системы в мировом эфире или, что то же, в мировом пространстве. Рассмотрим этот вопрос подробнее.

Проблема взаимосвязи эфира и вещества, возникшая еще в начале XIX в., встала вновь в конце XIX в. при исследовании электромагнитных явлений в движущихся телах. Уравнения Максвелла определяют электромагнитное поле только в неподвижной среде. Между тем на практике мы имеем дело чаще всего именно с электромагнитными явлениями в движущихся телах. Правда, скорости этих тел крайне незначительны по сравнению со скоростью передачи электромагнитных действий; напомним, что в уравнения Максвелла—Лоренца входит отношение v/c. Однако в последней четверти XIX в. в физике возник вопрос, не вносит ли какие-либо изменения в законы электродинамики движение Земли по орбите (скорость порядка 30 *км/сек*), от которой мы отвлечься не можем. Ведь это движение заведомо переменно относительно мирового эфира. Как же оно должно сказаться на электромагнитных процессах?

В зависимости от того или иного предположения — эфир увлекается движущимся телом или же остается неподвижным — уравнения электромагнитного поля в движущихся телах принимают различную форму. Они могут быть проверены на опыте и действительно были проверены в опытах Вильсона, русского физика А. А. Эйхенвальда и других.

Первый вариант электродинамики движущихся сред был разработан Г. Герцем. Герц руководствовался следующими положениями, которые были близки идеям Максвелла. Эфир — обычная среда, отличающаяся только значениями диэлектрической и магнитной проницаемостей, равными 1; другими словами, эфир — идеальный изолятор и немагнетик. Элементы эфира способны не только передавать воздействия, но и двигаться, перемещаться под влиянием этих воздействий. Поле в эфире проявляется в существовании упругих напряжений — давлений и натяжений. Если в данном месте эфира существует вещественное тело, то, вследствие напряжений в эфире у поверхности тела, на последнее действует пондеромоторная сила.

При таком взгляде на эфир естественно предположить, что движущееся тело увлекает с собою эфир, как находящийся внутри тела, так и прилегающий к его поверхности. При таком предположении принцип относительности обычной механики применим и к электромагнитным явлениям. Именно, дело обстоит так же, как и при распространении звука внутри закрытого движущегося вагона, увлекающего с собою воздух. Звук в движущемся вагоне будет распространяться так же, как и в неподвижном воздухе вне вагона. Таким образом, по Герцу, эфир — обычная среда, существующая независимо от зарядов и увлекаемая веществом.

С точки зрения Герца электрическое и магнитное поля суть *существенно различные поля*. Если поле — электрическое, то оно остается таким и независимо от состояния движения приемника. Так, например, если заряженный конденсатор перемещается как целое, то, поскольку пластины конденсатора движутся совместно, между ними при любых условиях будет действовать только электрическое поле, но не магнитное. Если вблизи движущегося конденсатора поставить магнитную стрелку, не участвующую в его движении, то она не должна отклоняться.

Теория Герца оказалась глубоко противоречивой и, что самое важное, была опровергнута опытом. А. А. Эйхенвальд установил в 1904 г., что движущийся конденсатор создает вблизи магнитное поле. Теории Герца противоречит и ряд других опытов.

Таким образом, опыты А. А. Эйхенвальда и других могли рассматриваться как опровержение теории Герца и подтверждение вывода, сделанного в свое время на основании оптических явлений: эфир проницаем для вещества, он механически не взаимодействует с веществом, он должен рассматриваться как мировая среда, части которой не могут перемещаться как целое. Перемещаются лишь электроны, испытывающие пондеромоторные действия поля. Поэтому приписывать эфиру какие-либо напряжения и деформации, как это делалось в теории Максвелла-Герца, нет основания. Положение об абсолютно неподвижном эфире и легло в основу теории Лоренца.

По Лоренцу, поле есть особое состояние неподвижного эфира, создаваемое всеми электронами. При этом необходимо подчеркнуть, что электромагнитное поле в данной точке есть результат наложения (суперпозиции) полей, создаваемых каждым электроном в отдельности, *независимо от присутствия других электронов*. Последнее обстоятельство находит выражение в уравнениях Лоренца. Поле данного электрона всецело определяется его положением и скоростью.

Скорость электрона, от которой зависит интенсивность сопровождающего его поля, рассматривается как скорость относительно неподвижного эфира, следовательно, как *абсолютная скорость*, а отнюдь не как скорость данного электрона — источника поля — относительно других электронов. Это обстоятельство подчеркивает абсолютный характер поля в лоренцевой теории.

Чтобы представить себе, как можно проверить опытом указанное положение, рассмотрим взаимодействие двух электронов, в данный момент неподвижных относительно друг друга. Если предположить, что они неподвижны также и относительно эфира, т. е. находятся в состоянии абсолютного покоя, то между ними действует только электрическая (электростатическая) сила отталкивания или притяжения — в зависимости от знаков зарядов. Если же принять, что оба электрона совместно движутся относительно эфира, то между ними будут действовать и магнитные силы. Следовательно, появляется принципиальная возможность установить скорость движения системы путем измерения электромагнитных взаимодействий в самой системе, т. е. определить абсолютное движение системы в неподвижном эфире. Электронная теория Лоренца исключает принцип относительности. Правда, эффект движения для больших тел незначителен. Во-первых, измеряется не абсолютное значение скорости системы v, а отношение скорости v к скорости света c; для Земли

$\frac{v}{c} \approx \frac{1}{10\,000}$. Во-вторых, как показал Лоренц, в рассмотренном примере системы совместно движущихся зарядов, перемещающейся вместе с Землей, можно определить не v/c — так называемый эффект первого порядка, а $(v/c)^2$ — эффект второго порядка, т. е. для Земли эффект равен 10^{-8}. Однако измерения этой незначительной величины возможны, и они многократно проводились.

Результаты опытов, ставивших целью обнаружить эффекты второго порядка (в частности, Майкельсона и Троутона — Нобля), хорошо известны.

Эти опыты не привели к обнаружению абсолютного движения Земли.

Так была экспериментально доказана несостоятельность господствовавшего в классической электронной теории представления об абсолютности действия полей. Отсюда было сделано заключение, что ход электромагнитных процессов не может зависеть от скорости переноса системы, в котором эти процессы происходят, подобно тому как законы механического движения вещественных тел не зависят от общей скорости системы, в которой совершаются взаимодействия и движения этих тел. Уравнения Максвелла — Лоренца должны быть справедливы в любой инерциальной системе отсчета, они должны быть инвариантны (не изменяться) при переходе от одной системы отсчета к другой.

Относительность законов механики, их независимость от общей скорости системы частиц понять не трудно. Она обусловлена тем, что взаимодействия частиц в макромеханике рассматриваются как зависящие только от взаимного (т. е. относительного) движения или положения. Но уравнения Максвелла — Лоренца отличаются от уравнений Ньютона тем, что они суть уравнения поля. Они характеризуют те процессы, которые происходят *вокруг* движущихся зарядов, в окружающей их области пространства, свободной от зарядов. Как же можно представить себе относительность таких процессов, которые происходят в неподвижном эфире? Относительность действий поля, т. е. зависимость этих действий от взаимных положений и скоростей электронов, и поле как состояние независимой от частиц среды суть понятия, друг друга взаимоисключающие. Выход из создавшегося тупика, который Лоренцу казался единственно возможным, можно охарактеризовать так: сохранив представление об электромагнитном поле как состоянии неподвижного эфира, найти в то же время те особенности поля, благодаря которым действия поля в движу-

щейся системе тел фактически удовлетворяют принципу относительности. Это означало, что необходимо найти причины, приводящие к тому, что влияние движения системы заряженных частиц как целой фактически не сказывается на взаимодействиях электронов.

Чтобы устранить противоречие между представлением об абсолютности поля, неизбежно вытекающем из понимания поля как состояния неподвижного мирового эфира, и экспериментально доказанным фактом относительности действия поля, Лоренц принимает, что поле в движущейся материальной системе следует считать лишь *эффективным*, *отличающимся от истинного*. Находясь на движущейся Земле, мы обнаруживаем на опыте, что заряженная частица, неподвижная относительно Земли, действует на другие заряженные частицы с электростатической силой; мы говорим, что эта частица создает вокруг себя электрическое поле. Верно ли это? Можем ли мы утверждать, что *истинное* поле, создаваемое частицей, в действительности является электрическим, а не электромагнитным? Нет, не можем, заявляет Лоренц. Напротив, поскольку Земля движется сквозь эфир, электрон, движущийся вместе с Землей, будет создавать именно электромагнитное поле. Но истинное электромагнитное поле будет эффективно проявляться в системе отсчета, связанной с Землей, как поле электростатическое. Таковы факты, которые мы объяснить не можем, но с которыми надо считаться. Для *эффективных полей* и должен быть справедлив принцип относительности, который не имеет места для истинного поля, обнаруживающегося лишь в системе отсчета, неподвижной относительно эфира.

Прежде всего возникает задача — найти зависимость между напряженностями истинного поля $\mathbf{E}$ и $\mathbf{H}$ в абсолютной системе S и напряженностями эффективного поля $\mathbf{E}'$ и $\mathbf{H}'$ в подвижной системе отсчета S'. Соотношение между $\mathbf{E}'$, с одной стороны, и $\mathbf{E}$ и $\mathbf{H}$ — с другой, мы можем получить на основании закона лоренцевой силы. В самом деле, сила, действующая в системе S на единичный заряд, движущийся сквозь эфир со скоростью $\mathbf{v}$, равна $\mathbf{E} + \frac{1}{c}[\mathbf{vH}]$. Эта сила будет проявляться в системе S как электрическая напряженность $\mathbf{E}'$. Следовательно, $\mathbf{E}' = \mathbf{E} + \frac{1}{c}[\mathbf{vH}]$. Эффективная магнитная напряженность $\mathbf{H}'$, как ясно из физических соображений, должна зависеть и от $\mathbf{E}$ и от $\mathbf{H}$. Однако вид этой зависимости Лоренц нашел только путем догадки. Соотношение $\mathbf{H}' = \mathbf{H} + \frac{1}{c}[\mathbf{Ev}]$ было предложено

Лоренцом на основании соображения, что именно при такой зависимости $\mathbf{H}'$ от $\mathbf{E}$ и $\mathbf{H}$ уравнения Максвелла — Лоренца в первом приближении останутся инвариантными[1].

Мы видим, что разделение эффективного поля, действующего в движущейся системе зарядов, на электрическое и магнитное, не абсолютно, а относительно; это разделение зависит, по Лоренцу, от скорости движения системы относительно эфира. Таким образом, соотношения между $\mathbf{E}'$, $\mathbf{H}'$ в движущейся системе отсчета S' и $\mathbf{E}$, $\mathbf{H}$ в неподвижной S у Лоренца существенно отличаются от соотношений, принятых в теории Герца, а именно: $\mathbf{E}' = \mathbf{E}$, $\mathbf{H}' = \mathbf{H}$; у Герца напряженности поля и в движущейся системе не изменяются.

Остается теперь определить, при каких условиях эффективные напряженности $\mathbf{E}'$ и $\mathbf{H}'$ подчиняются уравнениям Максвелла—Лоренца. Оказывается, для этого необходимо, чтобы при переходе от абсолютной системы отсчета S к подвижной S' пространственные координаты и время преобразовались определенным образом, причем уравнения преобразования должны быть иными, нежели уравнения Галилея. В самом деле, поскольку максвелловы уравнения остаются инвариантными, уравнения преобразования координат и времени определенным образом связаны с преобразованиями напряженностей поля; можно сказать, что оба рода преобразований дополняют друг друга, лишь *совместно* обеспечивая инвариантность уравнений электромагнитного поля. Уравнения преобразования Галилея применялись в электродинамике Герца, в которой имели место преобразования напряженности поля: $\mathbf{E}' = \mathbf{E}$, $\mathbf{H}' = \mathbf{H}$. Естественно поэтому, что они оказываются непригодными при другом типе преобразований напряженностей, принятых у Лоренца.

Зависимость друг от друга обеих групп преобразований можно понять и с физической точки зрения. В теории Герца эфир — это обычная среда, перемещающаяся вместе с телами, некоторая идеальная жидкость; поле есть род движений, происходящих в этой среде. При увлечении эфира движущимися телами характер внутренних движений в эфире, называемых нами электромагнитными процессами, не изменяется. Вместе с тем, поскольку эфир — обычная механическая среда, к нему применимы и законы обычной механики, в частности закон сложения скоростей, выражающийся в уравнениях преобразования Галилея. В теории Лоренца дело обстоит иначе. Эфир

[1] См. Г. А. Лоренц. Теория электронов, стр. 87.

не подчиняется обычной механике. В движущейся системе характер поля изменяется, уравнения его преобразования имеют другой вид, чем в теории Герца. Естественно, что и преобразования координат и времени должны быть другими, нежели преобразования Галилея. Уравнения Галилея допускают безграничное возрастание скорости движения тел. Между тем в теории Лоренца скорость электрона не может достигнуть скорости света (энергия и импульс поля электрона при $v \to c$ стремятся к бесконечности).

В дальнейшем Лоренц уточнил преобразования напряженностей поля и координат и времени также и на случай быстрых движений системы отсчета, когда величиной $(v/c)^2$ пренебречь невозможно. Эти общие преобразования Лоренца имеют такой вид:

$$\mathbf{E}'_{\perp} = \frac{\mathbf{E}_{\perp} + \frac{1}{c}[\mathbf{vH}]}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}; \qquad \mathbf{H}'_{\perp} = \frac{\mathbf{H}_{\perp} + \frac{1}{c}[\mathbf{Ev}]}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}};$$

$$\mathbf{E}'_{||} = \mathbf{E}_{||}; \qquad \mathbf{H}'_{||} = \mathbf{H}_{||};$$

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}; \qquad y' = y; \quad z' = z; \qquad t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}*.$$

При таких преобразованиях уравнения Максвелла—Лоренца остаются инвариантными, т. е. в инерциально движущейся системе отсчета сохраняются те же соотношения между эффективными величинами $\mathbf{E}'$ и $\mathbf{H}'$, что и между «абсолютными» или «истинными» величинами в системе S.

Очень важно, что скорость распространения электромагнитных действий c' *по величине* остается такой же и в инерциально движущейся системе S', как и c в «абсолютной» системе S. Нетрудно убедиться, что если бы величина скорости света c в какой-либо системе отсчета зависела от скорости движения зарядов v, то уравнения Лоренца — Максвелла в этой системе были бы несправедливы.

9. Итак, Лоренц нашел те преобразования напряженностей поля, пространственных координат и времени при переходе к инерциально движущейся сквозь эфир системе, при которых

---

* Уравнения преобразования даны здесь для частного случая, когда движение системы S' относительно S происходит вдоль оси x-ов.

Уравнения преобразования даны в употребляемой в настоящее время форме.

«эффективное» электромагнитное поле в этой системе подчиняется в точности таким же законам, как «истинное» поле в «неподвижном» эфире. Другими словами, Лоренц нашел условия применения принципа относительности к электромагнитным процессам, к полю.

Рассмотрим на конкретных примерах, как осуществляется такая относительность. Мы ограничимся сначала приближенным случаем, когда можно пренебречь величинами второго порядка, т. е. $(v/c)^2$.

Известно, что неподвижный проводник, обтекаемый электрическим током, не действует на неподвижный заряд, так как вокруг проводника существует только магнитное поле, которое на неподвижный заряд не может действовать; электрические же поля электронов проводимости и ионов решетки в проводнике компенсируют друг друга, поэтому вокруг проводника электрического поля нет. Представим себе теперь, что линейный проводник, обтекаемый током, движется со скоростью v вдоль своего направления. Рядом с ним движется с той же скоростью заряженный шарик. Допустим, для определенности, что и проводник, и шарик неподвижны относительно Земли и перемещаются вместе с ней сквозь эфир. Как будет взаимодействовать эта система?

В системе отсчета S', связанной с Землей, картина не изменяется: проводник окружен «эффективным» магнитным полем, которое не будет действовать на заряженный шарик. В абсолютной же системе картина должна быть другая. Движущийся сквозь эфир заряд представляет собой конвекционный электрический ток; ток в проводнике также является не чистым током проводимости, а суммой тока проводимости электронов и тока конвекции электронов и ионов, образующих проводник и переносящихся сквозь эфир со скоростью v. Значит, проводник должен взаимодействовать с шариком; в зависимости от знака заряда шарика, проводник должен либо притягивать его, либо отталкивать. Как же в таком случае объяснить тот факт, что шарик не испытывает никакого действия?

Лоренц дает такое объяснение. Вследствие движения сквозь эфир ионы решетки создают магнитное поле, в котором двигаются электроны проводимости. Магнитное поле ионов отклоняет электроны и создает неравномерное распределение их внутри проводника. Поэтому на проводнике образуется плотность заряда, которая создает электрическое поле, действующее на шарик в противоположном направлении по сравнению с магнитным полем. Электрическое поле проводника *компенсирует* действие его магнитного поля. Таким образом, «истин-

ные» поля в эфире *отличаются* от «эффективных» полей в инерциально движущейся системе, но они компенсируют друг друга так, что получается аналогичное действие в обеих системах. Лоренц называет оба состояния материальной системы, получающиеся в S и в S', соответственными состояниями[1].

В соответственных состояниях, по Лоренцу, различны не только силы, но и *массы* частиц. Различны и *пространственные расстояния* между частицами системы. Многие физические величины изменяются при инерциальном движении системы сквозь эфир; но изменения таковы, что *явления* в соответственных состояниях протекают одинаково. *Совместность изменений* при движении системы всех указанных величин — и напряженностей поля, и пространственных расстояний, и промежутков времени — совместность изменений, приводящая к относительности электромагнитных процессов, к независимости их протекания в инерциальных системах, и находит свое выражение в уравнениях преобразования.

Рассмотрим опыт Майкельсона. Время прохождения светового луча вдоль плеча интерферометра, параллельного направлению движения Земли, и вдоль плеча, перпендикулярного направлению движения, в абсолютной системе не одинаково. В первом случае время должно быть меньше. Но тут вступает в действие *компенсирующий эффект* — сокращение длины плеча, направленного по движению. Почему же происходит такое сокращение? На это Лоренц отвечает так. Вспомним, что система заряженных частиц при движении сквозь эфир изменяет свою равновесную конфигурацию. Если заряды под действием сил в «покоящейся» относительно эфира системе распределяются по сферической поверхности, то эти же заряды в движении распределяются по эллипсоидальной поверхности, сплющенной в направлении движения. Если принять, что все силы, действующие между молекулами вещества, так же изменяются при движении, как и силы электрические (а для этого достаточно предположить, что молекулярные силы по своей природе суть силы электрические), то движущийся стержень должен сократиться («сплющиться») по направлению движения. Такова причина, вызывающая укорочение движущегося (сквозь эфир) тела в направлении движения.

Это дает Лоренцу ключ к объяснению отрицательного результата опыта Майкельсона. Если измерить длину плеча, прикладывая к нему единичный масштаб, движущийся вместе с прибором, то никакого сокращения длины плеча не обнару-

---

[1] См. Г. А. Лоренц. Теория электронов, стр. 257.

жится; масштаб сокращается в том же отношении, как и измеряемый стержень. Поэтому получается, что «эффективная» скорость света в системе S' не зависит от движения системы.

Изменение длины, так называемое лоренцово сокращение при движении, отличается от обычного изменения длины под действием сжимающей силы тем, что при лоренцовом сокращении пропорционально изменяется объем тела, между тем как при обычном одностороннем сжатии уменьшение объема частично компенсируется поперечным растяжением. Неоднократные попытки как-либо обнаружить эти изменения тела вследствие его движения, в частности сокращение тел при движении, *в той же системе отсчета* ни к чему не привели. Релей и Брас предположили, что лоренцово сокращение аналогично сжатию, т. е. деформации тела, и потому оно должно привести к появлению двойного лучепреломления в стержне, ориентированном в направлении движения Земли. Опыты обнаружили отсутствие такого эффекта. Де-Кудр рассчитывал обнаружить изменение электропроводности проводника, вызванное лоренцовым сокращением, но также ничего не обнаружил.

Таким образом, Лоренц по существу пришел к отрицанию абсолютного движения по Ньютону, поскольку он доказал принципиальную невозможность физического проявления этого «абсолютного» движения в каком-либо отношении. Однако Лоренц сам не решился сделать необходимые логические выводы, требовавшие прежде всего коренного пересмотра представлений о поле. Это обстоятельство помешало Лоренцу довести до конца разработку новой механики. В частности, он не дал истолкования так называемого местного времени, не разработал новой кинематики и динамики. Эта работа была выполнена в дальнейшем Эйнштейном, Планком, Минковским и другими. Новая кинематика (в частности, закон сложения скоростей) и некоторые положения динамики (связь между массой и энергией, которая для поля получается как следствие из лебедевских опытов по световому давлению) были разработаны Эйнштейном. Планк и Минковский развили систему новой динамики.

Тем не менее следует признать вопиющей исторической несправедливостью ходячее утверждение, что теория быстрых движений была в основном создана не Лоренцом, а Эйнштейном, что якобы Лоренц ограничился разработкой формальных преобразований. Изложенное показывает, что это не так. Нельзя оспаривать вклад Эйнштейна в дальнейшую конкрети-

зацию теории. Но утверждать, как это делается в литературе, что Эйнштейн заложил физические основы теории — неправильно. Существенная роль величины v/c, зависимость от этой величины общих свойств тел — есть не случайно замеченный факт, а естественно напрашивающийся вывод, обобщение особенностей движения систем частиц, связанных друг с другом полями. И это обобщение было сделано до Эйнштейна.

Заслуга Лоренца заключается в том, что он нашел новые уравнения преобразования, связывающие пространственные и временные величины. Ему принадлежит историческая заслуга в деле ломки старых представлений физики о протяженности тел и длительности процессов, о массе тел. Именно Лоренц показал, что эти основные свойства, которые ранее считались абсолютно неизменными, зависят от полей, связанных с частицами вещества, и изменяются при движении частиц. Это был первый шаг в физике по пути революционного преобразования физических представлений о пространстве и времени.

О МАТЕРИАЛИСТИЧЕСКОЙ ТРАКТОВКЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ БЫСТРЫХ ДВИЖЕНИЙ

1. Со времени опубликования работ Лоренца, Эйнштейна и других прошло почти полвека. За этот период наши знания о веществе и поле, о движении и взаимодействии, пространстве и времени значительно обогатились. Поэтому теперь можно лучше понять смысл закономерностей быстрых движений, чем 50 лет назад. Правда, и в настоящее время микроструктура поля и его связь с вещественными частицами еще не раскрыта. Тем не менее было бы неправильно при рассмотрении основ учения о быстрых движениях ограничиваться перечислением и описанием отдельных опытов (Майкельсона, Физо, распада мезона и некоторых других).

Необходимо прежде всего разобраться в новых физических представлениях о простейших формах материи и движения, которые формируются в настоящее время.

Важнейшим понятием, все более выкристаллизовывающимся в современной физике, является понятие *системы как целостного материального образования.* Оно обобщает огромный опытный материал, свидетельствующий о том, что материальный мир структурен, что он представляет собою бесконечную совокупность соподчиненных, качественно своеобразных систем, начиная от наименьших известных нам устойчивых систем — атомных ядер, продолжая атомами, молекулами,

агрегатами молекул, кристаллами и т. д. вплоть до сверхгалактики. Современная физика, таким образом, подтверждает взгляд диалектического материализма на мир.

В квантовой механике был сделан значительный шаг к объяснению возникновения и существования системы, как целостной, обладающей не произвольной, а строго закономерной структурой.

Важнейшие особенности нового физического понятия частицы как части целостной системы («как подсистемы») можно свести к следующему:

1) Частица неразрывно связана с другими частицами посредством полей. Частиц вещества, которые не обладали бы каким-либо зарядом (электрическим, мезонным, гравитационным), в природе не существует.

2) В некоторых условиях система действует как целое, не проявляя своей расчлененности, т. е. сама выступает как частица; в этих условиях нельзя разложить ее действие (или движение) между ее компонентами, представить как сумму независимых действий или движений компонентов. И, наоборот, частица может рассматриваться как неразделеьная не при всех условиях.

3) Свойства частицы существенно зависят как от происходящих в ней внутренних процессов, так и от условий в системе, от характера взаимодействия частицы с другими частицами. Поскольку взаимодействие (поле) зависит от движения относительно системы, свойства частицы должны зависеть от ее движения.

4) Наконец, возможно качественное изменение системы, приводящее к структурным изменениям ее частиц, к их превращениям.

Представление о системе как целостном образовании требует изменения и понятия поля. Старое понимание поля как принадлежащего только определенной частице — источнику поля, обусловленного только данной частицей, действующего на другие частицы лишь постольку, поскольку они попадают в соответствующую область пространства, — явно ограниченно. На такой вывод наталкивает уже факт относительности разделения электромагнитного поля на электрическое и магнитное, установленный Лоренцом.

Поле обладает определенными динамическими характеристиками, определенными значениями напряженностей лишь в том случае, когда рассматриваются не только «источники поля», но и «приемники» этого поля, другими словами, когда рассматривается *совокупная система взаимодействующих заряженных частиц.*

В самом деле, что собой представляет электромагнитное поле изолированного заряда, каковы его напряженности? Ведь они различны, в зависимости от движения данного заряда относительно других. Выходит, что понятие о поле *одного изолированного заряда*, взятого независимо от вещественной среды, в которой он находится, лишено определенности. И дело вовсе не в том, что поле изолированного заряда объективно является определенным, но его невозможно измерить; дело не в том, что для измерения напряженности поля нужен «пробный» заряд. Весь фактический материал вынуждает нас к заключению, что действительное электромагнитное поле в данной системе частиц — независимо от того, измеряем мы его или не измеряем,— создается не каждым зарядом в отдельности, независимо от других, а лишь совместно с другими. Таков неизбежный вывод из фактов, свидетельствующих об относительности действий электромагнитного поля, обусловленности его относительными положениями и движениями заряженных частиц. Однако этот вывод не был сделан Лоренцом и не только Лоренцом, но явно не сделан и современной физикой.

Из тех же фактов, далее, следует, что относительность действий поля исключает признание существования эфира как универсальной мировой среды — «носителя» поля. Поле является носителем энергии и импульса, его реальность проявляется многими способами, например в факте давления света, обнаружённом Лебедевым. Таким образом, поле есть нечто реально существующее, некоторый объект, но это *не состояние* универсальной среды — эфира, существующей наряду и независимо от заряженных частиц вещества. Поле есть форма материи. *Стационарное поле есть материальный объект, органически связанный со своими вещественными источниками и «приемниками»*. Можно сказать, что это часть системы, связанная не с одним центром, не с одной частицей, а принадлежащая системе зарядов в целом; *поле — общая часть материальной системы*. Таков конечный вывод, который навязывается фактами. С этой точки зрения взаимодействие заряженных дискретных частиц есть результат существования формы материи, «принадлежащей» этим частицам совместно. Различие между продольным полем и поперечным полем (светом), обладающим известной самостоятельностью, повидимому, должно состоять в том, что первое неразрывно связано с определенной системой заряженных частиц, а второе отрывается от породившей его системы.

Представление о поле, как связанном с отдельной частицей, могло сохраняться лишь до тех пор, пока не был открыт новый

тип поля — ядерное поле. Теперь известно, что одна и та же частица, например, протон, связана с одними частицами — электронами — электрическим полем, а с другими — нейтронами — ядерным. Следовательно, структура поля (его закономерности), связывающая различные частицы в систему — длительную или кратковременную — определяется не изолированно рассматриваемой частицей, а *взаимными отношениями* частиц. Поэтому поле одной частицы есть абстракция, которую можно применять лишь постольку, поскольку материальное окружение этой частицы можно считать неизменным.

Изложенная точка зрения на стационарные поля как на формы материальной связи разных вещественных частиц, образующих систему, подкрепляется и квантовой теорией полей. Последняя трактует стационарное поле как *виртуальный обмен* соответствующими данному полю квантами. Речь идет именно о виртуальном обмене, а не о реальном испускании и поглощении квантов, так как поля, связанные с частицами, не квантуются; другими словами, можно говорить лишь о «нерожденных» квантах поля, принадлежащих взаимодействующим частицам *совместно*. Только на основе такой трактовки поля можно понять зависимость напряженностей поля от относительной скорости вещественных заряженных частиц.

Из сказанного следует, что поле, связывающее данную частицу с другими, лишь приближенно можно представить как наложение полей *отдельных* источников, т. е. как сумму парных взаимодействий. В действительности поле нелинейно, оно является результатом коллективных связей в системе, т. е. наложением не только двойных, но и тройных, четверных и т. д. взаимодействий.

Рассмотрим те свойства поля, которые отличают его от вещества. Прежде всего поле проницаемо. Это значит, что, с высокой степенью приближения, поля в одной и той же области «накладываются» друг на друга, их напряженности суммируются (векторно). При этом составные поля сливаются в одно, единое поле. Это свойство поля определяет характер присущего ему движения. Мы не можем представлять движение в поле как перенос одной его части (по крайней мере, макроскопической) относительно другой, могущей происходить с различной скоростью. Такая форма движения, как перенос, присуща лишь вещественным частицам, обладающим индивидуальностью. Опыт опроверг попытку так именно мыслить движение поля — мы говорим о попытке Герца. Понятие движения может быть применено к полю, пока мы его рассматриваем макроскопически, только в одном смысле — в смысле распространения

определенного состояния, происходящего со *специфической для поля данного типа скоростью.* В этой особенности поля находит проявление то обстоятельство, что поле есть материальная связь вещественной системы, общая ее часть.

Опыт показывает, что скорость распространения возмущения в электромагнитном поле не зависит от скорости перемещения создающих поле частиц вещества. Прежний закон сложения скоростей здесь не имеет места. Скорость электронов определяет только напряженность поля, но не скорость распространения возмущений. Почему это так, почему полю свойственны такие особенности, на этот вопрос физика не дает ответа и сегодня. Эти особенности остаются непонятными, потому что природа поля и сущность его связи с веществом не раскрыты еще современной физикой. Тем более это справедливо для концепции поля на том этапе развития физики, о которой идет речь; во всех вариантах теории относительности поле рассматривается *макроскопически*, хотя выводы теории относительности применимы именно к *микрочастицам.*

Одно из важнейших достижений последних лет — это доказательство реальности «нулевого» поля, или «вакуума». Это значит, что каждая частица данной системы связана полем не только с частицами этой же системы, но испытывает влияние и окружающего вещественного фона, другими словами, той более общей системы, частью которой является данная система. Это влияние «нулевого» поля намного слабее, чем поля других частиц той же системы, но все же не пренебрежимо.

Не приходится удивляться тому, что поле долгое время рассматривали как состояние среды — эфира. Ведь наложение (суперпозиция) всегда считалось характерным признаком движения. В самом деле, трудно представить себе, что две частицы вещества могут взаимно «погасить» друг друга. Это считалось возможным только для движения; два противоположно направленных перемещения могут дать в сумме нулевое смещение. Открытие суперпозиции световых лучей послужило решающим доводом в пользу волновой теории света и против корпускулярной.

В пользу такого взгляда свидетельствовало и существование специфической скорости распространения действий, что также характерно для среды. Если же отвергнуть существование эфира, то наличие специфической скорости электромагнитных возмущений — скорости света — на первый взгляд кажется непонятным.

Однако дальнейшее развитие физики показало, что противоположность свойств вещества и поля — относительна.

Повидимому, поля при очень больших интенсивностях лишь приближенно подчиняются принципу суперпозиции. Принципиально возможно рассеяние света на свете, хотя этот эффект в обычных условиях ничтожно мал. С другой стороны, и вещество в известной мере проницаемо. Мы не можем приписывать частицам вещества абсолютных размеров; эти размеры зависят от физических условий, в которых частицы существуют, в частности от относительной скорости взаимодействующих частиц. Обнаружилось глубокое сходство в характере движения и взаимодействия частиц вещества и поля — их двойственная природа, вскрытая квантовой механикой. Наконец, было открыто взаимное превращение положительных и отрицательных электронов («пар») в элементы переменного электромагнитного поля — в фотоны. Оказалось, в частности, что пара — электрон и позитрон — могут «аннигилировать», взаимно «погашаться», образуя элементы электромагнитного поля.

Все эти открытия неоспоримо подтверждают, что поле (в частности, электромагнитное) не есть нечто совершенно противоположное веществу, например некое «физическое пространство», что электромагнитное поле есть особая форма материи, качественно отличная от заряженных частиц, но могущая превращаться в вещество и возникать за счет вещества.

2. В соответствии с новыми представлениями о веществе и поле глубоко изменилось и физическое понимание движения. Под движением в физике теперь понимают *изменение состояния* систем. В частности, состояние системы может изменяться настолько медленно, что его можно рассматривать как просто воспроизводящееся; покой есть по существу равновесный процесс. Таким образом, более или менее длительное существование системы в данном состоянии заключается в более или менее точном непрерывном *воспроизведении* внутренних отношений между ее частями и внешних отношений между системой и ее окружением. Физика и в этом отношении подтверждает тезис диалектического материализма: движение есть форма существования материи.

Из сказанного следует, что и перемещение «частицы» нельзя рассматривать как безразличный для нее перенос с места на место; это есть воспроизведение состояния частицы в новой части системы, сопровождающееся ослаблением ее связей с одними частями системы и усилением их с другими частями. Другими словами, скорость переноса частицы в системе органически связана с *интенсивностью поля*, связывающего ее с другими частицами. Только при однородности материального окружения частицы и инерциальности ее движения сохраняется (сум-

марно) структура связывающего ее поля, оно как бы в точности воспроизводится; можно сказать и наоборот, что точное воспроизводство внешних связей частицы со средой является условием ее инерциального движения. Очевидно, что такое движение возможно лишь в известном приближении.

Изложенные здесь представления о механическом движении в корне противоположны кинематизации движения релятивистами. В последнем случае движение отождествляется со своим внешним результатом — изменением относительных положений частиц; игнорируется *сама сущность* движения — непрерывное взаимодействие частицы с системой, воспроизведение состояния первой в других частях системы.

Мы уже отметили, что скорость перемещения частицы в системе не может рассматриваться как несущественная величина, безразличная для связей одной частицы с другими. Она связана с характером регенерации как внутреннего поля частицы так и ее внешнего поля. Естественно, что при приближении скорости частицы к скорости передачи действий в поле эти связи изменяются, поле, «сопровождающее» частицу, деформируется. Поэтому отношение v/c не может не играть существенной роли во всех взаимоотношениях частицы с внешней средой. Можно также представить себе, что скорость регенерации состояния частицы (и ее поля) не может достигать (а тем более превосходить) скорости передачи действий в «вакууме». Неудивительно поэтому, что такой крупный физик конца прошлого века, как Умов, рассматривавший движение «точки» как сложный процесс, предвидел необходимость изменения галилеева закона сложения скоростей.

Таким образом, рассмотрение движения как сложного процесса воспроизведения состояния материального объекта, неразрывно связанного с характером взаимодействия его со средой, неизбежно приводит к необходимости обобщить законы механики для быстрых движений.

3. Современные физические взгляды на вещество, поле и движение несовместимы с ньютоновыми абсолютными пространством (пустотой) и временем. Эти абстракции, «дублировавшие» идеально твердые тела и беспредельно продолжающееся инерциальное движение старой физики, потеряли смысл после доказательства отсутствия в природе таких тел и процессов.

Обнаружение физических действий «вакуума» (в конце 40-х гг. текущего столетия) нанесло последний удар «пустоте» во всех ее видах — как в первоначальном смысле, который вкладывали в это слово сто лет назад, так и в «модернизированном» буржуазными учеными понятии «физического

пространства», геометрия которого определяется материей, но которое якобы может существовать и отдельно от нее. Современная физика подтверждает взгляды Энгельса на пространство и время. Пространство и время в физических процессах обнаруживают себя как формы бытия движущейся материи, не могущие существовать без нее. Эти формы бытия проявляются в протяженности тел и в длительности процессов.

В теории поля, взаимосвязанного с частицами, изменяются и представления о протяженности тел и длительности реальных движений, изменений.

Что такое величина протяженности тела (его длина, объем)? С точки зрения физики XVIII—XIX вв. размер частицы — это величина, остающаяся постоянной. Величина протяженности частицы вещества считалась определенной сама по себе, независимо от взаимодействия ее с другими. Что касается измерения длины, то полагали, что размер непроницаемого тела, его протяженность можно установить при сколь угодно слабом взаимодействии — простом соприкосновении с масштабом. Между тем способ измерения длины путем внешнего сопоставления с масштабом и в классической физике применялся только к неподвижным телам. Установление размеров быстро движущейся частицы всегда производилось путем определения области ее относительной непроницаемости. В качестве примера достаточно указать на способы определения размеров молекул в кинетической теории. Эффективный диаметр молекулы определяется из области ее действия (непроницаемости) при столкновениях. При этом по существу делается неявное, но очень важное предположение, что молекула при столкновении действует как твердое тело, *как целое*, что все ее части участвуют в столкновении одновременно. Однако способ определения размеров молекулы в процессе ее взаимодействия с другими частицами считался лишь неизбежным обходным путем, поскольку мы не можем измерить ее диаметр путем простого приложения масштаба.

Частицы, связанные полями, и состоящие из них системы по своим свойствам коренным образом отличаются от идеально твердых тел «классической» физики. Их непроницаемость относительна, поскольку она обусловливается внутренними и внешними полями, она различна в разных условиях.

При изменении внешних условий эффективные размеры таких частиц (и систем) меняются, что обнаруживается при их взаимодействиях. В частности, размеры частиц изменяются при изменении их скорости относительно «приемной» системы, поскольку при этом происходит *перестройка поля*, связанного с частицей.

Следовательно, можно говорить лишь об относительных размерах частиц и тел, связанных полями, но не об абсолютных размерах, взятых вне физических условий. Это общее заключение вытекает не только из теории поля. Оно оправдывается также и опытными данными, рассматриваемыми в квантовой механике; согласно последней, при возрастании импульса (скорости) частицы уменьшается соответствующая длина волны, а вместе с ней и эффективный размер. Важно, однако, подчеркнуть, что с такими фактами мы сталкиваемся на опыте только в микромире.

Таким образом, понятие определенного размера частицы относительно. Мы должны этот размер определять по ее *действию как целого*, которое, вообще говоря, может быть различно. Это обстоятельство удачно выражается термином «эффективный размер». По существу мы всегда имеем дело с эффективными размерами тел, но роль взаимодействия при проявлении размеров покоящихся тел, которые практически можно считать неизменными, затушевывается.

Также обстоит дело и с величиной длительности процессов. Как и протяженность тел, длительность процессов проявляется в отношении, во взаимодействии. Мы выбираем в качестве «часов» по возможности наиболее устойчивый циклический процесс. В физике XVII—XIX вв. считали, что продолжительность процесса только *выражается* в численном отношении, но что понятие определенного промежутка времени имеет смысл и вне отношения, независимо от условий, в которых процесс протекает. На самом деле продолжительность движений, их циклы всегда определяются характером как внутренних взаимодействий в движущейся системе, так и внешними полями. Длительность цикла должна изменяться при изменении внешних условий, в частности, скорости частицы.

Изменения длины (объема) тела и длительности цикла совершающихся в нем процессов происходят не независимо друг от друга, поскольку они обусловлены теми же причинами. Уравнения преобразования Лоренца дают определенную зависимость этих изменений от скорости тела (точнее, от отношения скорости тела к скорости света). Сокращение длины тела в направлении движения выражается формулой

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}},$$

где l_0 — длина такого же тела, неподвижного в данной системе отсчета, а l — длина тела при движении со скоростью v. Соответственно продолжительность циклов в движущемся и покоящемся теле связана аналогичным соотношением.

Таким образом, изменение длин (объемов) тел и длительности процессов со скоростью происходит совместно. В теории относительности определенная квадратичная форма $ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2dt^2$ остается неизменной (инвариантной) во всех инерциальных системах отсчета. Величина ds носит название интервала между двумя событиями, разность координат которых равна соответственно dx, dy, dz, а разность времени dt. Из постоянства ds следует, что если промежуток времени между данными событиями при переходе к другой инерциальной системе уменьшается (а это имеет место, как мы видим, при увеличении относительной скорости тел), то и расстояние между ними в этой же системе отсчета сокращается, и наоборот.

4. Перейдем теперь к проблеме обоснования теории быстрых движений. Количественные законы изменения свойств тела в зависимости от его скорости в современной физике получаются как следствие, во-первых, принципа относительности, во-вторых, какого-либо предположения, выражающего в той или иной форме связь между скоростью перемещения тела как целого и скоростью передачи действий в поле. О физическом смысле принципа относительности мы говорили уже в первом разделе. Что касается второго исходного предположения теории быстрых движений, то оно состоит: *а*) либо в утверждении, что скорость передачи действия (энергии) в вакууме является предельной для скорости перемещения тела в системе; *б*) либо в утверждении, что масса тела возрастает беспредельно при приближении его скорости перемещения к скорости передачи действий в вакууме; *в*) либо в утверждении, что поле, создаваемое телом, преобразуется при приближении скорости тела к скорости передачи действий в вакууме так, что напряженности поля при этом возрастают беспредельно; *г*) либо, наконец, в утверждении, что скорость передачи действий в вакууме не зависит от скорости движения вещественного источника этих действий, так что сложение скорости источника со скоростью передачи действия относительно источника не меняет величины последней относительно системы.

Сопоставление приведенных формулировок показывает их взаимную связь; в сущности, они говорят об одном и том же. Прежде всего, нетрудно видеть, что утверждение (*г*) логически совпадает с утверждением (*а*). Но и другие формулировки по содержанию выражают ту же мысль. В самом деле, если масса тела или напряженности поля, связанного с движущимся телом, изменяются по указанному закону, то очевидно, что скорость передачи действия в вакууме есть предел для скоростей движения тела как целого. Из сказанного ясно, что обоснование тео-

рии быстрых движений не есть произвольный «набор констатаций», удобный для выработки рецептуры измерений, как утверждают релятивисты. Ибо любой из перечисленных постулатов касается *единственного и основного* вопроса: как выразить *связь между скоростью перемещения тела* с характерной для поля в вакууме *скоростью передачи действий*. Конечно, любое из приведенных выше положений представляет собой *гипотезу*, высказываемую на основании обобщения опыта. Ибо вопрос, о том, почему эти постулаты верны и в каких пределах они верны, пока далек от решения. Только познав более глубоко взаимосвязь вещества и поля в результате дальнейшей разработки учения о микроструктуре поля, можно будет эту гипотезу превратить в теорию, в которой будет установлена *необходимость* указанного соотношения этих скоростей.

5. Изложенные выше представления об изменчивости размеров тел, необходимо связанных с полем, и длительности происходящих в них процессов, о зависимости их от скорости движения образуют существенную часть положительного содержания теории относительности.

Доказательство наличия связи между пространственными и временными величинами не могло не отразиться на содержании основных физических теорий в области механики, электродинамики и оптики. Важнейшим достижением современной физики является установление связи между такими физическими величинами, которые прежде считались независимыми друг от друга: между массой и энергией, импульсом и энергией, электрическими и магнитными напряженностями, между энергией и частотой и др. Большие заслуги в установлении этих новых связей принадлежат Эйнштейну и Минковскому.

Мы очень коротко отметим лишь некоторые моменты релятивистской кинематики и динамики. Кинематика теории относительности коренным образом отличается от прежней кинематики. Закон сложения скоростей в простейшем случае имеет в теории относительности форму $u' = \dfrac{u+v}{1+\dfrac{uv}{c^2}}$, в отличие от закона сложения скоростей в «классической» механике: $u' = u + v$. Из релятивистского закона сложения скоростей вытекает, что скорость тела не может расти беспредельно: пределом (и притом недостижимым) скоростей вещественных тел является скорость света в вакууме. Бо́льшие скорости передачи энергии, согласно теории относительности, вообще невозможны; это положение, впрочем, уже лежит в основе теории относительности, вытекая непосредственно из ее исходных предпосылок.

Таким образом, скорость передачи действий в поле (в вакууме) служит верхним пределом скорости переноса тела. Это обстоятельство свидетельствует о том, что скорость переноса не есть внешняя, случайная характеристика движения тела.

Поскольку теория относительности отвергает существование передачи действия со сколь угодно большой скоростью, она отвергает и представление об идеально твердых телах (или частицах).

В соответствии с этим теория относительности исключает возможность мгновенной передачи сил. Всякая сила передается с конечной скоростью. Это типичное для поля представление находит выражение во введении нового понятия — *потока импульса*, изменение которого вблизи тела (в соседних с телом точках) вызывает изменение импульса тела во времени. Отсюда следует, что действие любой силы зависит от скорости тела, на которое она действует. Таким образом, в динамике, наряду с потоком энергии, приобретает смысл и поток импульса. При этом между изменением в разных системах отсчета энергии, импульса, потока энергии и потока импульса имеется связь; эти величины образуют тензор.

Особенно важное значение имеет установление теорией относительности общего соотношения между энергией и массой. Масса тела пропорциональна его полной энергии. В разных системах отсчета величина энергии тела и, следовательно, его масса вообще различны. Это значит, вместе с тем, что масса тела изменяется со скоростью. Однако существует некоторое наименьшее значение массы для каждого тела (собственная масса, или масса покоя), пропорциональное только его собственной или внутренней энергии. При этом не имеет значения, какова форма этой внутренней энергии тела или системы тел.

Из сказанного следует, что масса системы связанных частиц m не равна сумме масс частиц Σm, она изменяется при изменении внутренней энергии системы.

Значение этого общего соотношения между массой и энергией огромно. Собственная масса определяется структурой тела, т. е. происходящими в нем процессами, и является одной из важнейших его характеристик. Имеется существенное различие между объектами, обладающими массой покоя, и не обладающими ею, например фотонами. Любой объект обладает инерцией в том смысле, что он способен изменять механическое состояние другого тела, с которым он сталкивается (взаимодействует). Отличие состоит в том, что объекты, имеющие массу покоя, могут иметь различную скорость, а не имеющие массы покоя — одну определенную.

Таким образом, становится все более и более ясным, что энергия (именно собственная энергия) есть физическая величина, без которой немыслимо существование какого-либо объекта. Понятие о субстанции, могущей существовать без движения, без внутреннего изменения, в физике оказалось несостоятельным.

Невозможно в одной статье рассмотреть хотя бы основные результаты теории относительности в области механики, электродинамики, термодинамики, равно как и те *дополнительные* предположения, которые делаются в каждой из этих областей физики. Мы ставим своей задачей только показать на некоторых примерах, что трактовка различных физических величин в теории относительности по существу отражает одну и ту же общую идею, а именно ту, что взаимодействие тел (или частиц вещества) осуществляется исключительно посредством полей, и различные физические величины являются характеристиками различных сторон этой связи. Это относится и к динамическим величинам и к «геометрическим».

Мы говорим о зависимости различных величин от движения, от структуры поля, связывающего тело с другими телами. Однако это не означает, что протяженность, длительность, масса и так далее в *основном* определяются внешними отношениями. Протяженность тела, как и длительность процессов и масса тела, определяются прежде всего его вещественной структурой и внутренними взаимодействиями (внутренним полем). Но величина длины, длительности, массы и т. д. зависит также и от внешних условий, и одним из существенных условий является движение (скорость), поскольку оно связано со структурой поля.

Чтобы «отделить» влияние движения и получить характеристики тела, обусловленные только его составом и внутренними связями, нужно измерить их в так называемой собственной системе отсчета. Что же представляют собой собственные системы отсчета? Это такие системы, в которых влиянием движения на длительности и размеры тел, входящих в систему, можно пренебречь, другими словами,— в которых скорость тела мала по сравнению со скоростью передачи действия. Именно с собственными системами отсчета физика имела дело (и практически имеет дело) в подавляющем большинстве случаев. Переход от собственных к несобственным системам отсчета означает переход к исследованию свойств очень быстро движущихся объектов, когда уже нельзя не учитывать влияния движения на пространственно-временные свойства, а также и на другие свойства тел, зависящие от скорости.

6. Эксперименты, поставленные с целью проверки указанных выше результатов, подтвердили их.

Изменение эффективных размеров частиц в зависимости от отношения их скорости к скорости света, указываемое теорией поля, экспериментально непосредственно не проверено (если не считать объяснения на этой основе отрицательного результата опыта Майкельсона). Однако можно считать подтверждением этого вывода отмеченное выше соотношение между длиной волны микрообъектов и их импульсом, установленное в квантовой механике в связи с теорией относительности и широко проверенное на опыте. Изменение же частот систем с их скоростью непосредственно проверено в некоторых экспериментах, именно на «поперечном» эффекте Доплера.

Относительное замедление процессов в быстро движущейся частице должно сказываться и на величине продолжительности жизни быстро распадающихся частиц, например мезонов[1]. Опыт подтверждает этот вывод.

Наиболее тщательно проверено экспериментально изменение массы со скоростью, что вполне понятно, поскольку это явление имеет не только теоретический интерес, но и большое практическое значение. На динамике быстрых заряженных частиц основана теория ускорителей — этих «орудий атомной артиллерии».

Изменчивость массы со скоростью с особой наглядностью вскрывает объективный характер этого явления как следствия изменения поля, связывающего движущуюся частицу с другими частицами. По отношению к какой-либо другой частице, совместно движущейся с данной, масса данной частицы не изменяется. Относительно же частиц, практически покоящихся в материальной системе, выполняющей роль системы отсчета, масса быстро движущейся частицы возрастает, в результате чего могут быть порождены новые частицы (лавинные процессы в космических лучах). Следовательно, источником этих новых частиц является не быстро движущаяся частица «сама по себе», а *поле*, связывающее ее с относительно неподвижными частицами системы. Таким образом, возрастание массы со скоростью связано именно с полем, соединяющим движущийся объект с системой, служащей системой отсчета.

Проверкой теории относительности являются не только отдельные эксперименты, но, в известной мере, и применение полученных на основе ее соотношений, инвариантных отно-

---

[1] См. Е. Л. Фейнберг. Распад мезона. Сб. «Мезон», под ред. И. Е. Тамма. М.— Л., 1947, стр. 80.

сительно лоренцевых преобразований. Сюда относятся, например, дираковская теория электронов и ее разнообразные применения в теории излучения, рождения пар и других явлений. Мы делаем оговорку «в известной мере» потому, что при получении указанных соотношений, инвариантных по отношению к преобразованиям Лоренца, обычно делаются еще и *дополнительные допущения*, которые вовсе не имеют прямого отношения к *основам* теории относительности. Такие допущения делаются не только в теории электрона, но и в «релятивистской» динамике, в электродинамике и других областях. Это обстоятельство нельзя упускать из виду при анализе теории относительности в целом.

7. Мы можем теперь подвести некоторые итоги.

Мы показали, что физические представления о пространстве и времени на любом этапе развития физики основываются на конкретной физической трактовке общих свойств материи. Отказ от метафизических представлений о частице, возникновение учения о поле как особой форме материи привели к перестройке учения о пространстве и времени. Была доказана несостоятельность и метафизичность ньютоновских утверждений о существовании абсолютного пространства и абсолютного времени как отдельных объектов, не связанных с материей. Подтвердились взгляды Лобачевского на пространство, была доказана правильность учения диалектического материализма о пространстве и времени как формах существования материи. Длина (объем) тела и длительность происходящих в нем процессов (равно как и другие его свойства) стали рассматриваться как физические величины, обусловленные внутренней материальной структурой тела и внешним полем.

Однако теорию относительности (специальную) нельзя считать ни исчерпанной — даже в пределах ее применимости — ни абсолютной, т. е. применимой ко всем без исключения процессам в любых «замкнутых», инерциальных системах. Как неоднократно указывалось, теория относительности является макроскопической теорией, но практически применимой главным образом к полям и микроскопическим частицам вещества,— к электронам, атомам и другим частицам, могущим двигаться с большими скоростями. Будучи макроскопической теорией, современная теория относительности не дает ответа на вопрос о *«механизме» установления* относительности длин, длительностей, масс и так далее. Ее можно рассматривать как теорию квазистатическую, дающую только *результаты* установления определенных пространственно-временных, динамических и иных отношений между относительно движущимися телами.

Лоренц пытался понять «механизм» установления относительных величин, и это была вполне законная попытка. Ибо вполне естественно и закономерно ставить вопрос, почему и каким образом осуществляется относительное сокращение движущегося тела и относительное замедление происходящих в нем процессов, почему и каким образом осуществляется относительное возрастание массы со скоростью. Ограниченность лоренцевой концепции заключается вовсе не в попытке поставить этот вопрос и найти на него ответ, как часто утверждают, а в том ответе, который Лоренц сумел дать. Мы уже показали, что несостоятельность этого ответа коренилась в тех метафизических представлениях о поле, от которых Лоренц не сумел отрешиться.

Невозможность для современной теории указать правильное решение этих вопросов основана на ограниченности современных физических знаний о полях, на отсутствии последовательной теории микроструктуры поля, на ограниченности знаний свойств «элементарных» частиц — природы массы, заряда и других физических величин, их связи с полем. Следовательно, дальнейшее развитие содержания теории относительности, в частности физического учения о пространстве и времени, возможно только в связи с дальнейшим обогащением наших знаний о простейших формах материи, о частицах и полях. Теория относительности не является «абсолютной» в указанном выше смысле. Хотя прямые факты, свидетельствующие об ограниченной применимости ее положений, пока достоверно не установлены, но это следует из общих соображений. В самом деле, можно ли утверждать, что взаимодействие двух вещественных частиц всегда зависит только от их относительных положений и скоростей? Можно ли утверждать, что поле более общей системы, в которую входит эта пара частиц, совершенно не влияет на их взаимодействие? Можно ли, далее, считать, что частицам вещества нельзя приписывать индивидуальной истории, что эта история не играет никакой роли, что она не находит отражения в их состоянии и взаимодействии,— другими словами, что понятие гистерезиса неприменимо к атомам, молекулам и другим частицам? Не правильнее ли будет предположить, что указанными факторами можно пренебречь только в двух случаях — для слабых полей и кратковременных взаимодействий («парных столкновений»)? В пользу такого предположения говорят положения диалектического материализма о всеобщности развития в природе? В пользу этого говорят и общие физические соображения. Современная теория полей является линейной теорией, применимой исключительно к сла-

бым полям. Если не считать попытки Борна и Инфельда разработать нелинейную теорию поля, то можно утверждать, что сколько-нибудь серьезных исследований в этой области не проводилось. Какая же может быть уверенность в том, что нелинейная теория поля должна исходить из тех же инвариантов, или их сочетаний, которые характерны для слабых полей, описываемых максвелл — лоренцевыми уравнениями? Такой уверенности нет; скорее можно предположить обратное. То обстоятельство, что Борн и Инфельд при построении своей нелинейной электродинамики берут в качестве исходной простую комбинацию инвариантов максвелловского поля, ничего не доказывает.

Далее, современная физика не создала еще последовательную теорию *сложной* частицы. Не существует не только теории атомного ядра, нет, в сущности, и полной теории сложного атома и молекулы. И дело тут вряд ли сводится к *математическим трудностям* применения квантовой механики к сложной системе; полной квантовой теории сложной системы попросту не существует (принцип Паули сам по себе не есть еще такая теория, а только «предвестник» таковой). Вся совокупность теоретических положений и экспериментальных фактов, подтверждающих теорию относительности в области физики микромира, относится исключительно к процессам столкновений в широком смысле этого слова.

Вот почему правильнее будет сказать, что доказана применимость теории относительности к слабым полям и кратковременным взаимодействиям; однако нет оснований думать, что лежащие в ее основе лоренцевы преобразования применимы ко всем без исключения явлениям в инерциальных системах[1]. В теории сильных полей и сложных систем, по всей вероятности, будут установлены более общие соотношения между пространственно-временными величинами, равно как и между другими физическими величинами.

На такой же вывод наталкивает и отсутствие теории микроструктуры поля. Можно ли принять, что основное положение специальной теории относительности — о постоянстве и предельности скорости света — есть абсолютное положение? Ведь факты, доказывающие это положение, относятся к макроскопическому полю. Не можем же мы в настоящее время считать достаточными примитивные представления о распространении света как процесса непрерывного распространения

---

[1] Возможность более общих преобразований уже рассматривалась в литературе. Ср. В. П а у л и. Теория относительности. М.— Л., 1947, стр. 121.

некоторой фазы поля от точки к точке, с абсолютно постоянной скоростью, происходящего в «вакууме», независимо от состояния последнего. Современные данные заставляют скорее думать, что это — сложный процесс передачи энергии от одной микросистемы к другой, связанный с перестройкой (действительной или виртуальной) последних. Не следует ли скорее предположить, что «скорость света» в обычном понимании есть некоторое *среднее* значение величины, способной испытывать флуктуации вокруг этого среднего значения? Разумеется, все эти рассуждения лишены пока экспериментальной основы; однако теоретическое и экспериментальное исследование микроструктуры поля может сделать их более правдоподобными.

Вот почему мы не считаем теорию относительности завершенной теорией, а ее основные положения имеющими абсолютное значение. Дальнейшее ее развитие неизбежно, оно будет совершаться по мере развития экспериментальных и теоретических исследований ее основы — *физических полей*.

Необходимо подчеркнуть, что обычная трактовка теории относительности, идущая от Эйнштейна, существенно отличается от той, которая дана в предыдущем изложении. Следующий параграф посвящен критическому разбору эйнштейновского понимания основ теории относительности.

ФОРМАЛИСТИЧЕСКАЯ, ОПЕРАЦИОНАЛИСТИЧЕСКАЯ ТРАКТОВКА ПОЛЯ, ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ В ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ ЭЙНШТЕЙНА

1. Открытие Лоренцом уравнений преобразования, устанавливающих новые связи между пространственными и временными величинами, поставило в центре внимания задачу физического обоснования и истолкования этих связей. Сам Лоренц пытался найти «механизм», обусловливающий изменение протяженности тел и длительности процессов при изменении скорости тел. Однако Лоренцу (в его работе 1904 г.) не удалось выполнить до конца эту задачу. «Местное время» не получило у него физического истолкования. Разделение всех величин на эффективные и истинные, ничем друг от друга не отличающиеся, также оставляло чувство неудовлетворенности. Вопрос о физическом смысле лоренцевых преобразований был заново (после Лоренца) поставлен А. Эйнштейном в 1905 г.

Эйнштейн исходит из факта относительности физических явлений: в любой инерциальной системе все физические процессы протекают одинаково. Поэтому основные уравнения физики не должны изменять своего вида при переходе от одной

инерциальной системы к другой. В связи с этим лоренцево понимание «истинного», или вернее, абсолютного, электромагнитного поля должно быть отвергнуто. В самом деле, когда происходит сближение магнита и тока, сущность процессов, с точки зрения старой теории, должна быть различна для случая движения магнита и неподвижности тока и для случая обратного. Между тем явления в обоих случаях ничем не различаются. Поэтому и в области электромагнитных явлений важна только относительная скорость, а не абсолютная. Относительность имеет место не только для электромагнитных процессов, но и для механических; поэтому первое исходное положение теории относительности можно формулировать так: физические процессы протекают в любой замкнутой материальной (инерциальной) системе по одинаковым законам.

Однако одного лишь постулата относительности недостаточно, чтобы найти уравнения преобразования, указывающие, как нужно совершить переход от одной системы отсчета к другой.

Для построения новой кинематики Эйнштейн считает необходимым положить в основу еще один независимый постулат. «Каждый луч света движется в „покоящейся“ системе координат с определенной скоростью v, независимо от того, испускается ли луч света покоящимся или движущимся телом». По существу этот постулат совпадает с формулированным в предыдущем параграфе положением о независимости скорости распространения волновых процессов в поле (в вакууме) от скорости движения источника возмущения относительно приемной системы. Однако по форме он несколько отличается от этого положения. Второй постулат Эйнштейна не содержит никаких указаний ни на характер распространения света, на то, что это процесс передачи действий в поле (вакууме), ни на отношение этого процесса к какому бы то ни было «приемнику» действий. Больше того, не обязательно, чтобы это был *волновой процесс*, описываемый волновым уравнением. Просто принимается существование некоего «сигнала», скорость которого в любой произвольной инерциальной системе отсчета не зависит от движения источника и, следовательно, строго постоянно. Математически это выражается требованием, чтобы ds^2 был инвариантом.

Никакой связи между вторым постулатом Эйнштейна и основными законами поля, по видимости, не существует. Вернее, эта связь игнорируется [1].

[1] Это обстоятельство особенно подчеркивалось Л. И. Мандельштамом, который считал его достижением Эйнштейна. См. полное собр. трудов, т. V, стр. 172—173.

Эйнштейн полагает, что он сумел «отсортировать» те положения, на основе которых можно получить лоренцевы преобразования. Формально эти преобразования действительно получаются. Для этого оказалось необходимым сделать еще одно допущение — об однородности пространства и времени, а отсюда — о линейности преобразований координат места и времени и о несущественности выбора начала системы отсчета. Эйнштейн специально оговаривает еще обратимость преобразований; однако эта мысль содержится уже в его формулировке первого постулата. Это значит, что мы можем перейти от одной системы отсчета к другой, или, с тем же правом, от второй к первой. Поскольку уравнения преобразования должны обладать свойствами группы[1], такая обратимость считается вполне естественной.

Такой отбор исходных постулатов теории относительности обычно признается шагом вперед по сравнению с лоренцевым обоснованием. В самом деле, не следует ли считать обобщением отказ от закономерностей *электромагнитного поля* как непосредственной основы теории относительности? Ведь отрыв постулатов Эйнштейна от этой специальной базы как будто является распространением теории относительности на все без исключения физические явления, совершающиеся в любых инерциальных системах.

Это было бы так, если бы Эйнштейн явно высказал предположение о наличии связи между различными полями, приводящей к тому, что скорость света есть скорость распространения действий в *любом* поле в вакууме. Тогда это был бы шаг вперед по сравнению с Лоренцом. Прямых данных у Эйнштейна, конечно, в то время не могло быть, да их нет и в настоящее время. Единственное косвенное доказательство такого предположения можно усматривать в соотношении $E = mc^2$, оправдывающемся в ядерных процессах. Однако Эйнштейн вообще не связывает второй постулат с особенностями каких бы то ни было полей.

Преимущество лоренцева обоснования теории относительности заключается в том, что оно указывает на *источник*

[1] Групповой характер лоренцевых преобразований означает, что прямое преобразование физических соотношений от системы S (с координатами x, y, z, t) к системе S' (с координатами x', y', z', t') равносильно последовательным преобразованиям от S к S'' (координаты x'', y'', z'', t'') и затем от S'' к S'. Путь перехода от одной системы отсчета к другой безразличен,— результат должен быть всегда один и тот же. Отсюда обычно делают заключение, что любая инерциальная система может быть выбрана в качестве основной, и поэтому все равно, какую систему отсчета считать условно неподвижной, а какую движущейся.

утверждения о постоянстве скорости света в инерциальных системах, на связь этого закона природы со свойствами электромагнитного поля и тем самым дает возможность искать ответа на вопрос, почему скорость света не зависит от скорости движения источника. Ответ на этот вопрос может быть дан в результате дальнейшего развития теории поля. Если окончательно подтвердится, что скорость света имеет решающее значение и для распространения действий в других полях, а не только электромагнитных, то и тут неизбежно встанет вопрос о причине этого обстоятельства. Объяснение этому факту можно будет дать на основе дальнейшего развития учения о полях. Но у Эйнштейна постоянство скорости света вообще не имеет отношения к свойствам каких бы то ни было полей. В этом отношении Эйнштейн сделал шаг назад от Лоренца.

2. Из второго постулата сразу же следует вывод о необходимости исключить из физики представление об эфире, как об универсальной неподвижной среде. Если бы такая среда существовала, то скорость света могла бы не зависеть от движения источника, но обязательно зависела бы от движения «приемника». Но это исключается. Что же остается вместо эфира? Если поле не есть состояние движения среды, то что оно собою представляет?

Вопрос этот Эйнштейном на первый взгляд обходится. Он лишь указывает, что «в предлагаемой теории не вводится ни „абсолютно покоящееся пространство", наделенное особыми свойствами, а также ни одной точке *пустого пространства* (курсив мой.— *Р. Ш.*), в которой протекают электромагнитные процессы, не приписывается какой-нибудь вектор скорости»[1]. Таким образом, для Эйнштейна поле — не особый род материи.

Эта точка зрения еще более отчетливо выражена в популярной книге известного физика М. Борна. «Свет или электромагнитные силы,— пишет Борн,— могут быть обнаружены всегда лишь в материи (Борн называет материей вещество.— *Р. Ш.*); пустое, совершенно свободное от материи пространство вообще не является предметом наблюдений. Можно установить лишь следующее: действие, исходящее от одного материального тела, проявляется спустя некоторое время на другом материальном теле. То, что происходит в промежутке между этими телами, является чисто гипотетическим; это означает, что теория по своему усмотрению может предполагать в пустоте те или иные величины, характеризующие состояние поля и т. п., с одним только ограничением, что изменения, наблюдаемые в материальных

[1] А. Эйнштейн. К электродинамике движущихся тел, Сб. «Принцип относительности», стр. 134.

телах, приводятся благодаря этому в тесную и простую связь между собою»[1]. Итак, поле, по Борну, есть лишь способ описания связей между явлениями, происходящими в веществе.

В дальнейшем в физической литературе получило распространение определение поля как «физического» пространства, по существу выражающее ту же мысль, которую проводит Борн. Такой взгляд на поле долго держался в физической литературе. В последние годы от него отказались некоторые физики-теоретики. Однако с этим взглядом на поле тесно связана определенная трактовка теории относительности, а от нее не отказались. В справедливости этого утверждения мы убедимся в дальнейшем.

Определив исходные опытные положения, Эйнштейн вводит центральное, основное понятие своей теории — понятие относительной одновременности. Мы знаем, говорит Эйнштейн, чтó значит одновременность двух мгновенных или «точечных» событий в одном и том же месте. Это значит, что оба события совпадают. Но что следует понимать под одновременностью двух событий, происходящих в удаленных друг от друга местах? Ведь непосредственное совпадение в данном случае не имеет места. Для того чтобы дать физическое определение одновременности в разных местах, Эйнштейн привлекает постулат о независимости скорости света от движения источника.

Рассмотрим двое часов, находящихся в удаленных друг от друга местах. Допустим, что устройство этих часов совершенно одинаково. Условимся синхронизировать ход часов при помощи света. Мы принимаем, что эти «часы» идут синхронно, если разность показаний часов I при отправлении светового сигнала и при его возвращении после отражения от часов II равна соответствующей разности показаний часов II, определенной при помощи такой же процедуры. Мы выбираем для этой цели световые сигналы потому, что они — единственно подходящие для этой цели; другими сигналами, скорость которых не зависит от скорости движения их источников, мы не располагаем.

Эйнштейн показывает, что при таком определении одновременности два события, одновременные в некоторой системе отсчета A, не будут одновременными в любой другой системе отсчета B, движущейся относительно A с некоторой скоростью v.

Одновременность оказывается понятием относительным. Это расходится с обычным представлением об абсолютном или безотносительном смысле одновременности событий, но находится в согласии с указанными выше постулатами.

[1] М. Борн. Теория относительности Эйнштейна и ее физические основы. ОНТИ, М.— Л., 1938, стр. 172.

Но на чем основана наша уверенность, что мы когда-либо не отыщем другой род сигналов, пригодных для определения одновременности, скорость которых будет отличаться от скорости света? Такой уверенности у нас нет и быть не может. Значит, может получиться так, что события, являющиеся одновременными при применении способа Эйнштейна, в один прекрасный день будут *определены* как неодновременные. *Условность* всего хода рассуждений Эйнштейна очевидна. Речь идет именно об одновременности, определенной нами по условию[1]. Но можно спросить: *а объективно* одновременность событий в чем-нибудь проявляется, когда *мы ни о чем не условливаемся*? На это релятивисты обычно отвечают: мы обязательно должны установить условия, ведь вне измерений нет науки, физика есть систематика результатов измерений — и только. Как именно нам угодно систематизировать измерения, зависит во многом от нашего произвола. В частности, проявлением нашего произвола является данное в теории относительности определение одновременности в разных местах. Раз этот произвол приводит к верным результатам, то большего желать нечего.

Субъективно-идеалистический, махистский характер такого ответа совершенно ясен.

В действительности одновременность относительна, но не потому, что мы *условились* каким-нибудь образом ее определять, а потому, что темп процессов в быстро движущейся частице реально изменяется с изменением ее скорости. Поэтому фаза какого-либо периодического (волнового) процесса, происходящего в частице, которая совпадает с определенной фазой процесса в системе, выбранного в качестве часов, не будет совпадать с этой фазой в системе при изменении скорости частицы. Но это факт объективный, не имеющий никакого отношения к нашему произволу. Чтó бы мы ни условились называть одновременностью, не имеет никакого значения для факта совпадения или несовпадения фаз волнового процесса в «частице» и в системе. Правильнее было бы сказать наоборот, что особенность распространения волновых действий в поле приводит к определенной зависимости одновременных фаз волнового процесса от координат места системы отсчета. Эйнштейн перевел объективный факт на субъективистский, «измерительный» язык, и действительный смысл этого факта предстал в искаженном виде.

---

[1] Ср. Л. И. Мандельштам. Полное собр. трудов, т. V. Лекции по физическим основам теории относительности, восьмая лекция.

Эта «условность» положений теории относительности (в трактовке Эйнштейна) становится особенно наглядной в его толковании изменений длин и длительности быстро движущихся тел.

3. Что следует называть «длиной» стержня? Эйнштейн показывает, что возможны два способа определения длины, которые дают совпадающие результаты только в том случае, если измеряемый стержень покоится в системе отсчета (или движется достаточно медленно по сравнению со скоростью света); 1) измерение путем непосредственного прикладывания неизменного масштаба к стержню и 2) измерение расстояния между «метками», одновременно совпадающими с концами стержня. Если стержень движется достаточно быстро относительно системы отсчета, то можно применить только второй способ измерения и результат измерения длины совершенно одинаковых стержней — покоящегося в данной системе отсчета S и быстро движущегося (в свою очередь он покоится в системе S') — будет различен. Именно движущийся стержень будет короче неподвижного в отношении $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}:1$. Причина укорочения заключается в том, что расположение «меток», против которых концы движущегося стержня пройдут одновременно (по часам «покоящейся» системы S), зависит от скорости стержня. Аналогичный результат получается и для промежутков времени. Сравнивая показания движущихся часов с показаниями часов, покоящихся в данной системе (пространственно совпадающими с движущимися в данный момент), найдем, что промежуток времени на движущихся часах короче промежутка времени, измеренного по покоящимся.

Однако этот результат обратим. Стержень, покоящийся в системе отсчета S, но измеренный в системе отсчета S', будет короче такого же стержня, покоящегося в S'. То же самое справедливо для часов. Все эти положения иллюстрируются обычно при помощи «мысленного эксперимента» — быстро движущихся относительно друг друга поездов или самолетов, в которых сидят наблюдатели (последние могут быть заменены регистрирующими приборами), снабженные линейками и часами. Когда мы говорим, что часы в системе S' отстают от часов в системе S, мимо которых они движутся, то это только означает, что показания часов в S' меньше, чем тех часов в S, которые расположены *против них* в данный момент. Чем дальше они будут продвигаться, тем больше они будут отставать от расположенных против них часов системы S'. Но часы в S в свою очередь отстают от *ряда* часов S', мимо которых они движутся. Только в таком смысле следует понимать взаимное замедление часов.

Однако обратимость результатов измерения имеет место только в том случае, если обе системы отсчета S и S' являются инерциальными, т. е. равномерно и прямолинейно движущимися относительно друг друга. Если же система отсчета, связанная с одним из тел, движется ускоренно, то обратимость не имеет места. Так, например, если часы M', сначала совпадающие с часами M, затем были приведены в ускоренное движение, например описали окружность в системе S и, наконец, снова были совмещены с точкой M этой системы, то окажется, что часы M' отстали по сравнению с часами, все время покоившимися в M.

Итак, если мы ограничимся инерциальными системами отсчета, расстояния и промежутки времени между событиями, измеренные из движущейся системы, будут меньше, нежели при измерении в покоящейся системе отсчета; сокращение длин и длительностей для любых двух систем отсчета взаимны. Естественно возникает вопрос, насколько эти изменения длин и промежутков времени можно считать *реальными*, можно ли указать в теории Эйнштейна *причину* взаимного сокращения.

В литературе (Паули, Мандельштам) утверждается, что сокращения вполне реальны, поскольку таковы *результаты измерения*, а причиной взаимных сокращений следует считать относительное *перемещение* систем отсчета. Однако когда сторонники Эйнштейна говорят о движении, как причине относительного сокращения длин и длительностей, они вовсе не имеют в виду действующую, «производящую» причину, а лишь некоторое внешнее сопутствующее условие.

По сути дела в теории Эйнштейна ни о каком *процессе* сокращения при изменении движения, при *ускорении* частицы, не может итти речь. Это особенно отчетливо видно на приведенном нами примере с двумя системами часов. Разве мы можем сказать, что темп часов M' действительно замедлен по сравнению с часами M и наоборот? Нет, не можем. Это только результат внешнего сопоставления часов M с рядом синхронизированных часов в другой системе, мимо которых часы движутся, и только. Мы можем говорить только о результатах *внешнего сравнения* показаний приборов друг с другом.

Между тем действительный опыт говорит о реальности относительных сокращений и замедлений процессов. Спектрометр регистрирует поперечный эффект Допплера — красное смещение — *у одних и тех же* атомов. Это реальный процесс, реальное взаимодействие, а не внешнее сравнение данных «часов» с рядом других. В действительном опыте Айвса изменение частоты реально. В действительных опытах, доказывающих

изменение массы со скоростью, мы также имеем дело со взаимодействиями, с реальными полями. Поэтому утверждение, что в теории Эйнштейна взаимное сокращение движущихся масштабов и замедление движущихся часов рассматривается как процесс, вызванный реальной причиной — относительным движением, неверно. Ибо в теории Эйнштейна движение не связывается с создаваемым им полем, а поле в свою очередь многими релятивистами не считается формой материи, неразрывно связанной с веществом. Пространственно-временные отношения вещей выступают в этой теории как результат определенных измерительных процедур, принятых условно.

Таким образом, теория Эйнштейна «кинематизировала» природу, оторвала действительные пространственно-временные отношения от их материальной основы, от поля, и поэтому представила их в формалистическом, искаженном виде. Можно сказать, что теория относительности в понимании Эйнштейна изображает действительность в перевернутом виде, ставит ее на голову. То, что является результатом — относительность фаз — представляется как причина, как относительность одновременности, соответствующая некоторому условному определению; а то, что является причиной — особенности поля и связанных с полем частиц — выступает как следствие новой кинематики.

4. Чем объяснить отрыв у Эйнштейна учения о пространстве и времени от материи, от поля? Оно объясняется тем, что само понимание поля является формальным, что оно не рассматривается как род материи. Поле кинематизировано, по существу оно само, как было показано выше, сведено к пространственно-временным отношениям.

Было бы неверно полагать, что формализм эйнштейновской трактовки теории относительности привел лишь к неправильному пониманию исходных постулатов и некоторых положений теории.

Формалистическая трактовка теории относительности привела Эйнштейна к ошибочной попытке релятивировать ускорение, к сведе́нию материального поля тяготения к метрике пространства-времени,— по существу совершенно несостоятельному, к ряду бесплодных попыток построить единую «геометрию мира» — формально единой теории поля, к реакционному и нелепому выводу о равноправии систем Птолемея и Коперника, короче говоря, завела Эйнштейна в научный и идейный тупик.

Формализм Эйнштейна приводит также и к ошибочному применению специальной теории относительности, к распростра-

нению ее на те области, где она неприменима, во всяком случае, где ее применимость не доказана.

Выше мы уже говорили о том, что принцип относительности не может быть универсальным. Он верен лишь для кратковременных взаимодействий и слабых полей, с которыми физики главным образом имели дело до последнего времени. У Эйнштейна же первый постулат сформулирован как абсолютный.

В теории Эйнштейна не видно границ применимости и второго постулата — о постоянстве скорости света. Но как быть, если мы перейдем к очень малым областям, порядка так называемого собственного радиуса электрона (10^{-13} см)? Теория Эйнштейна требует, чтобы и в пределах «элементарной» частицы были справедливы все ее положения, ведь исключений она не знает. Но как можно говорить о скорости распространения света «в пределах» элементарных частиц? Это значит представлять себе распространение света как процесс, в данный момент происходящий буквально на некоторой геометрической поверхности, т. е. в нулевом объеме, а световое поле в данный момент — просто как значение возможных (виртуальных) сил в геометрических точках. Придерживаться этой картины в настоящее время, после открытия фотонов, значит сознательно замкнуться в рамках формализма, желающего лишь какимнибудь образом описать явления, но принципиально отказывающегося вникнуть в их природу.

Поэтому, когда мы ясно связываем пространственно-временные представления, которые мы здесь излагаем, с определенными представлениями о материи, о поле, то становится понятным, что нельзя применять найденные закономерности пространства и времени к таким формам материи, к которым они заведомо не имеют отношения.

При формальном же обосновании теории относительности границы ее применимости совсем не ясны.

5. Согласно принципу относительности, электромагнитные процессы, как и механические, протекают одинаково в различных инерциальных системах. Однако в специальной теории относительности Эйнштейна не выясняется, какую именно физическую систему можно считать инерциальной и в каких пределах.

В литературе обычно указывается, что в специальной теории относительности определение инерциальной системы не дается. Между тем, вопрос этот всегда вызывал и продолжает вызывать ожесточенные споры. Особенно спорным представляется вывод, который делается в обычных изложениях теории отно-

сительности об обратимости систем, т. е. утверждение, что с одинаковым правом можно считать систему отсчета S движущейся равномерно и прямолинейно по отношению к системе S' (условно покоящейся) и, наоборот, систему S' считать движущейся относительно S с такой же по величине и обратной по знаку скоростью, причем все закономерности сохраняют свою форму.

Если любые две системы обратимы, например Земля и молекула, то можно считать неподвижной систему отсчета, связанную с Землей, а молекулу — движущейся в этой системе и, наоборот, связать с молекулой «неподвижную» систему отсчета, а Землю считать движущейся с равной по величине и обратной по направлению скоростью. Таким образом, утверждение об обратимости равносильно утверждению, что с любым относительно изолированным телом или даже частицей можно связать инерциальную систему отсчета, в которой все процессы природы будут протекать одинаковым образом, по одним и тем же законам.

Однако по отношению к чему тело (или частица) должны двигаться равномерно и прямолинейно? На этот вопрос в макромеханике обычно отвечают: по отношению к «неподвижным» звездам.

Согласно теории относительности, движущееся тело изменяет свои размеры, темп происходящих в нем процессов, массу. Значит, принимая положение об обратимости, можно считать, что Земля сплющивается относительно любого атома (хотя и по-разному), обладает различной массой относительно различных атомов и т. д.

Вот этот-то парадоксальный вывод и наталкивает на вопрос: верно ли, что инерциальная система отсчета может быть связана с *любым* телом или частицей и что в этой инерциальной системе можно с равным правом исследовать любой физический процесс?

Рассмотрим сначала, как обстоит дело в макроскопической механике.

В ньютоновской механике обратимость системы не вызывала никаких сомнений. Она вытекает и из преобразований Галилея, поскольку последние также образуют группу. В макромеханике считается, что инерциальная система отсчета может быть связана с любым телом, движущимся относительно неподвижных звезд равномерно и прямолинейно. В такой системе можно рассматривать не только механические процессы, совершающиеся «внутри системы», но и любые движения и взаимодействия. То обстоятельство, что с точки зрения кинематики безразлично, к какому телу относить движения других тел, никогда не вызывало сомнения. В самом деле, можно решить,

какой падает дождь — прямой (вертикально вниз) или косой? Относительно Земли дождь может быть прямой, относительно движущегося поезда — косой. Было бы неправильно думать, что пассажиру в поезде дождь только кажется косым, ведь капли на самом деле чертят на окне вагона косую линию. Но и с точки зрения динамики макротел относительность движения (относительность скорости) имеет реальный смысл. Это хорошо понимал еще Гюйгенс, открывший при помощи принципа относительности законы упругого удара шаров. Действительно, результат столкновения будет совершенно одинаковым, независимо от того, с какими скоростями по отношению к Земле движутся шары, лишь бы их относительная скорость была одной и той же. Относительность механических взаимодействий широко используется и в гидроаэродинамике: чтобы определить подъемную силу и лобовое сопротивление самолета, испытываемое им при том или ином режиме полета, его помещают в аэродинамическую трубу и обдувают потоком воздуха, имеющим такую же относительную скорость, как и самолет по отношению к воздуху во время полета. Таким образом, обратимость систем отсчета в макромеханике считается вполне естественной, непосредственно вытекающей из самого принципа относительности. Не представляет затруднений и вопрос, что следует считать инерциальной системой. В качестве начала такой системы может быть принята любая частица, движущаяся инерциально относительно неподвижных звезд. Относительно такой системы любые механические процессы должны протекать одинаково, т. е. должны подчиняться основным уравнениям макромеханики.

Но отсюда также следует, что *причину* возникновения относительной скорости невозможно обнаружить, исследуя только результат относительных «парных» взаимодействий. Для того чтобы узнать, *как именно возникло* относительное движение сталкивающихся шаров, мы должны рассмотреть этот процесс не в системе отсчета S', связанной с одним из шаров, а в системе отсчета S, связанной с более общей материальной системой, частью которой являются шары.

Практически всегда выбирают *определенные* системы отсчета, пригодные для решения данных механических задач, т. е. практически преимущественные. Никто не станет рассматривать движение Земли по отношению к молекуле, а всегда поступают наоборот: считают Землю неподвижной, а молекулу движущейся. Почему? По той причине, что разные системы отсчета и в макромеханике обладают различной *степенью инерциальности*. Строго инерциальной системой можно считать абсолютно

свободную, замкнутую материальную систему. Но такой системы не существует. Любая система, строго говоря, движется ускоренно, так как она взаимодействует с другими системами. Мы можем говорить лишь о большей или меньшей степени замкнутости системы. В этом смысле мы и употребляем термин «степень инерциальности». «Более инерциальной» является обычно более общая материальная система (Земля), обладающая более равномерным движением. Такая система может считаться инерциальной в течение более длительного времени, в ней можно проследить «историю» большего числа механических процессов. Практически она поэтому и является *преимущественной* системой, хотя для рассмотрения кратковременного акта парного механического взаимодействия («столкновения») она не обладает никакими преимуществами по сравнению с любыми другими инерциальными системами.

В электродинамике, пока мы остаемся в пределах уравнений Лоренца, также существует обратимость в том смысле, что взаимодействие пары заряженных частиц получается одинаковым, с каким бы из инерциально движущихся тел мы ни связывали систему отсчета. Это следует из относительности действий поля. Отсюда следует также, что определить на основании результатов парного взаимодействия причину изменения относительной массы тела, его объема, темпа изменений невозможно. Это так же невозможно, как невозможно в макромеханике путем рассмотрения отдельного акта взаимодействия пары тел определить, какому именно телу была сообщена энергия. Вместе с тем и в теории относительности мы можем говорить о разной степени инерциальности системы отсчета. Все сказанное по этому поводу ранее остается в силе. И в теории относительности при неинерциальном, ускоренном движении одного из сопоставляемых тел можно определить, какое именно тело двигалось ускоренно. Часы, связанные с таким телом, отстанут от часов, связанных с неускоренным телом.

Но более того. В области явлений поля положение о произвольности выбора инерциальной системы, в частности об обратимости систем отсчета, с нашей точки зрения *имеет более ограниченное применение, чем в механике.* Поле в действительности нелинейно в том смысле, в каком мы говорили выше. На практике, как правило, можно пренебречь нелинейностью при исследовании процессов в слабых полях. Но из этого не следует, что мы всегда будем иметь возможность игнорировать тот факт, что поле есть нечто целостное. Это значит, что мы, повидимому, не можем при любых условиях считать взаимодействие пары частиц зависящим только от их «внутренних»

отношений; внешние условия — поле более общей системы — должно как-то влиять на внутреннее поле, связывающее пару заряженных частиц. Повторяем, что мы можем пренебречь этим влиянием в пределах теории Максвелла — Лоренца, но не в пределах любой будущей электродинамики, или теории ядерного поля, которая будет более высоким приближением к действительности. Это обстоятельство ограничит произвол в выборе систем, которые можно считать инерциальными.

Эта точка зрения все больше подтверждается. Вся история физики последнего времени подтверждает правильность представления о мире как о бесконечной совокупности целостных, качественно своеобразных систем, а отнюдь не как о конгломерате независимых частиц[1].

Поэтому при рассмотрении *длительных* процессов в сложной системе, связанных с историей системы, правильнее связывать систему отсчета не с любой произвольной частицей, а с вещественным «ядром» системы. Такое «ядро» всегда существует в устойчивых системах, и только относительно этого ядра устойчивой вещественной системы необходимо рассматривать происходящие длительные процессы. Практически так всегда и поступают. Более общая система, как сказано, является и более долго живущей и более инерциальной. В более общей системе физические условия стабильны, устойчивы по сравнению с состояниями отдельных элементов системы. Только реальную связанную физическую систему мы можем считать относительно замкнутой, самостоятельной в течение достаточно длительного времени. Замкнутость же системы имеет важное значение, так как именно для такого рода «замкнутых» систем имеет физический смысл принцип относительности физических процессов — независимость процессов в системе от ее скорости в целом; только в таких системах этот постулат подтверждается действительным опытом. В произвольных же системах отсчета возможны только «мысленные» эксперименты, очень часто выходящие за пределы того, что они могли бы доказать.

Могут возразить: а не приведет ли такая точка зрения к абсолютной системе отсчета Ньютона? В самом деле, ведь наиболее общей системой является Вселенная. Не придем ли мы таким образом к абсолютному времени и абсолютному пространству? Нет, не придем. Ибо различные системы во Вселенной вовсе не однородны в качественном отношении, как думали во времена Ньютона и как думают и в настоящее время немало

[1] Этот вопрос рассматривался также А. А. Максимовым в его книге «Введение в современное учение о материи и движении». М., 1941, стр. 72—76, 143.

физиков (в том числе сторонники Эйнштейна). Вся совокупность известных фактов говорит за то, что поля в системах разных порядков качественно различны. Поэтому и пространственно-временные отношения должны быть различными. Вопрос, какие именно системы пригодны в качестве преимущественных для данного круга физических явлений, может быть решен только опытом.

Следовательно, инерциальная система для такого круга явлений должна быть связана с реальной целостной материальной системой, которую можно считать в достаточном приближении замкнутой. Таким образом, можно говорить о *преимущественных инерциальных системах*.

К сожалению, этот вопрос в научной литературе почти не рассматривался.

ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ В СВЕТЕ ЛЕНИНСКОГО АНАЛИЗА КРИЗИСА ФИЗИКИ

1. Подведем итоги.

Теория относительности как физическое учение о законах движения и взаимодействия быстро движущихся частиц вещества и о свойствах связанных с ними полей, как физическое учение о пространстве и времени[1], возникла в результате новых фундаментальных открытий, сделанных в конце XIX и в начале XX вв. Экспериментальное доказательство объективной реальности электромагнитного поля (опыты Герца и Лебедева), доказательство неразрывной связи стационарных электромагнитных полей с частицами вещества (с электронами — в широком смысле слова), обнаружение на опыте зависимости напряженностей поля от скорости движения его источников, наконец, опытное доказательство изменчивости такого свойства электронов, как масса, при больших скоростях движения, сравнимых со скоростью света,— такова та экспериментальная основа, на которой выросла теория относительности.

Эти новые открытия, равно как и опытные факты, доказывающие относительность действий электромагнитного поля, т. е. отсутствие влияния некоей «абсолютной» скорости движения заряженных систем на связанные с ними поля, вступили в противоречие с господствовавшими в физике в конце XIX в. взглядами на природу электромагнитного поля, как на состояние движения универсальной среды — эфира, существующей неза-

---

[1] Было бы правильнее назвать ее теорией движения и взаимодействия быстро движущихся материальных систем.

висимо от частиц вещества. Это обстоятельство привело к необходимости отказа от ряда укоренившихся в физике метафизических, механистических воззрений, прежде всего от старых представлений о поле, пространстве и времени.

Ломка старых основных физических понятий и замена их новыми, более правильно отражающими действительные объективные свойства материи, могли бы быть проведены последовательно только на основе нового мировоззрения, именно на основе диалектического материализма, разработанного Марксом и Энгельсом. В самом деле, представлять себе поле как особую форму материи, качественно отличную от вещества, обладающую иным характером движения, оставаясь вместе с тем на позициях ограниченного стихийного материализма,— невозможно. Невозможно последовательно разрабатывать новые физические представления о пространстве и времени, основанные на понимании их как всеобщих форм существования материи, не отказавшись от метафизического учения об «абсолютном» времени и «абсолютном» пространстве как особых объектах, могущих существовать и без материи. Невозможно разрабатывать новое физическое учение об основных свойствах материальных частиц и полей как изменчивых и относительных, зависящих от условий, в которых эти частицы и поля существуют, признавая вместе с тем эти частицы по природе своей неизменными. Многочисленные затруднения теории Лоренца, ее непоследовательность доказывают, что причиной их была именно ограниченность мировоззрения этого крупнейшего физика-материалиста. Лоренц не сумел полностью отрешиться от старых взглядов на вещество и поле, пространство и время.

Революция в физике, начавшаяся в конце XIX в., не могла быть завершена именно вследствие того, что буржуазные физики не знали диалектического материализма. А не зная диалектики, часть физиков-теоретиков подпала под влияние феноменализма, махизма и пошла по ложному пути. «Новая физика свихнулась в идеализм, главным образом, именно потому, что физики не знали диалектики»[1].

Объясняется это незнание (а иногда нежелание знать) диалектического материализма и приверженность к феноменализму тем, что «вся обстановка, в которой живут эти люди, отталкивает их от Маркса и Энгельса, бросает в объятия пошлой казенной философии»[2].

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 248—249.
[2] Там же, стр. 250.

Влияние махизма и привело современную науку в капиталистических странах к кризису, тормозящему ее развитие.

2. Анализ теории относительности полностью подтверждает ленинскую характеристику кризиса физики. Трактовка поля как состояния «физического пространства», отказ от признания материальности поля привели к тому, что теорию поля стали сводить к уравнениям поля, к определенным математическим соотношениям между напряженностями (или потенциалами). Утверждение, что теория поля есть уравнения поля, получившее широкое распространение среди физиков-теоретиков в XX в., нашло отражение в теории относительности и означает, что нужно принципиально ограничиваться *констатацией* определенных количественных соотношений между величинами напряженностей, получаемых из опыта. Математизация физики — не в смысле пользования математическим методом, а в смысле призыва к ограничению физической теории некоторыми количественными соотношениями между результатами измерения,—«такова первая причина „физического“ идеализма... „Материя исчезает“, остаются одни уравнения»[1]. Это приводит к формалистическому обоснованию физических теорий, в частности, теории относительности.

С этим органически связана другая сторона дела — отказ от познания тех материальных связей, которые лежат в основе уравнений. Полагают, что понять те постулаты, которые кладутся в основу теории, уяснить их необходимость никогда не удастся. Ведь исходные постулаты не рассматриваются как определенная ступень познания свойств материи, как отражение этих свойств. В самом деле, постулаты теории относительности (например, второй постулат) рассматриваются Эйнштейном в отрыве от свойств поля; мы это выяснили выше. Как же можно рассчитывать когда-либо, в результате развития учения о поле, понять их необходимость? Они считаются в значительной степени условными. При более или менее «удачном подборе» постулатов получается «замкнутая» система выводов, которые оправдываются наблюдениями. А большего якобы и желать нечего.

В основе такого понимания лежит философский принцип релятивизма, относительности нашего знания, «принцип, который с особенной силой навязывается физикам в период крутой ломки старых теорий и который — *при незнании диалектики* — неминуемо ведет к идеализму»[2]. Такова, по Ленину, другая причина, породившая «физический» идеализм.

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 294.
[2] Там же, стр. 295.

Физическая теория представляется не как этап в познании абсолютной истины, не как отражение объективных свойств материи, которое постепенно должно углубляться и совершенствоваться, а как *форма описания данных наблюдения*. Нужно ли искать, скажем, дальнейшего обоснования результатов, полученных в специальной теории относительности для инерциальных систем? С точки зрения буржуазных физиков — это безнадежное занятие. Может быть, нам и удастся подобрать другие постулаты, но они будут столь же «непонятны», как и эйнштейновские. К чему приводит подобный взгляд на физическую теорию, мы видели выше. Он привел к искаженной, неверной трактовке положительных результатов, достигнутых теорией. Он привел к почти полному прекращению дальнейших прямых экспериментальных исследований, которые могли бы содействовать углублению теории относительности; он привел к созданию тупиковых направлений, вроде попытки геометризации физики и релятивистской космологии. Наконец, он привел к некоторым ошибочным выводам, которые послужили прямой опорой фидеизму (равноправие птоломеевой и коперниковой систем, конечность мира).

Значит ли это, что кризис современного буржуазного естествознания следует понимать как полнейшую ошибочность последнего? Значит ли это, например, что теорию относительности следует считать по всему ее содержанию лженаучной, что все ее конкретные положения ошибочны? Ни в коем случае. Это было бы искажением ленинского анализа кризиса физики. Наш разбор теории относительности показывает, что в ней имеется и положительное содержание, по существу противоречащее трактовке теории, данной Эйнштейном; более того, некоторыми положительными результатами теория, в частности, обязана и Эйнштейну. И этому не приходится удивляться. Ленин писал: «*Ни единому* из этих профессоров, способных давать самые ценные работы в специальных областях химии, истории, физики, *нельзя верить ни в едином слове*, раз речь заходит о философии»[1]. Ленин указывал, что задача марксистов «суметь усвоить себе и переработать те завоевания, которые делаются» буржуазными профессорами, «и *уметь* отсечь их реакционную тенденцию, уметь вести *свою* линию и бороться *со всей линией* враждебных нам сил и классов»[2].

3. Чем же объяснить отсутствие серьезной критики эйнштейновской трактовки теории относительности в современной

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 327—328.
[2] Там же, стр. 328.

советской физической литературе? Говоря о серьезной критике, мы, конечно, не имеем в виду выступления против теории относительности сторонников старого механистического учения об универсальном мировом эфире, которые не могли не потерпеть поражения. Причиной безоговорочного признания теории Эйнштейна, без критической ее переработки, является живучесть в сознании части советских физиков операционализма, этой ложной концепции, кстати сказать, в некоторой мере питавшейся самой теорией относительности[1]. Сущность этой концепции состоит в следующем. Всякая физическая теория, по мнению сторонников операционализма, представляет собой установление зависимости между физическими величинами, являющимися результатами измерения, и не больше. Родство такого понимания сущности физической теории с махизмом не вызывает сомнений. Для махистов мир есть лишь совокупность восприятий; количественная характеристика этих восприятий, или «событий», и получается путем измерения или взаимного сравнения. Задача науки, по мнению махистов, исчерпывается установлением зависимости между такими событиями, «экономным описанием» таких зависимостей. Поиски материальной основы этих зависимостей, или закономерностей, поиски их объяснения махисты считают занятием метафизическим, бессмысленным.

Этот махистский взгляд на мир был усвоен таким крупным физиком, как Эйнштейн. С точки зрения Эйнштейна, окружающий мир также есть только совокупность «вспышек», событий, пространственно-временные отношения между которыми и «описываются» теорией относительности.

Однако, сторонники операционализма среди советских физиков не идут с махизмом до конца. Повидимому, все они охотно признают объективность мира и отражение его в наших понятиях; *процесс познания*, с их точки зрения, сводится к установлению количественных связей между результатами изме-

---

[1] Часто утверждают, что заслуга Эйнштейна заключается в анализе принципов измерения физических величин, в анализе понятия одновременности, и что из этого анализа и выросла теория относительности. Неверность этого утверждения следует с очевидностью из анализа истории развития теории относительности. Дело вовсе не в том, что до Эйнштейна не удосужились подумать о том, как определять одновременность событий в разных местах, а Эйнштейн первый обратил на это внимание. Суть заключается в том, что в старой физике *не было необходимости* анализировать это понятие, такая необходимость появилась только после открытия объекта с необычными свойствами *поля*. Анализ измерений важен, но он *возможен* только на основе познания новых свойств материи.

рения. В данном случае мы имеем дело с людьми, недостаточно усвоившими марксистскую теорию познания, не понявшими, в чем именно заключается ленинская теория отражения. Задача углубления нашего познания любой области явлений, более глубокого проникновения в сущность законов движения материи, задача объяснения любых установленных на опыте закономерностей, вскрытия их *необходимости* остается «материалистическими» сторонниками операционализма непонятой[1].

Выразителем воззрений операционализма в советской литературе по теории относительности явился академик Л. И. Мандельштам, который в своих «Лекциях по теории относительности» не только стремился доказать правильность концепции Эйнштейна, но и оправдать операционализм как общий метод физической науки [2].

На типично операционалистских позициях в трактовке теории относительности стоит академик А. Ф. Иоффе. В своей книге «Основные представления современной физики» он начинает изложение теории относительности с утверждения, что основой теории относительности является определенный принцип измерения времени и расстояния[3].

С точки зрения операционалистов, считающих себя материалистами, кризис буржуазной науки сводится к идеалистическим благоглупостям, которые в изобилии можно найти в сочинениях крупных буржуазных ученых. Они полагают, что достаточно отсечь эти философские рассуждения и заменить их материалистическими положениями об объективности мира и его познаваемости, чтобы от кризиса буржуазной науки не осталось и следа. Ошибочность и несостоятельность этих наивных представлений, имеющих хождение, к сожалению, среди части советских физиков, очевидны; разбор теории относительности доказывает это с полной определенностью.

Задача физиков — последовательных материалистов — *неизмеримо труднее*. Она заключается в критической переработке основных теорий современной физики в том числе и теории относительности. Необходимо отбросить тупиковые направления в современной физике и наметить новые плодотворные пути советской физики.

---

[1] Критика операционализма дана в статье С. Г. Суворова в настоящем сборнике, а также в нашей совместной с ним статье «За материалистическое обоснование механики» (УФН, т. X, вып. 3, 1950). Там же попутно дана критика трактовки теории относительности С. Э. Хайкиным.

[2] См. статью И. В. Кузнецова в настоящем сборнике.

[3] А. Ф. Иоффе. Основные представления современной физики. Л.— М., 1949, стр. 21.

4. Мы пришли к выводу, что теория относительности в трактовке Эйнштейна отошла от материалистической линии. Пытаясь преодолеть ограниченность воззрений Лоренца — признание эфира, противопоставление «истинных» и «эффективных» величин — Эйнштейн пошел по пути формализации физического учения о пространстве и времени, по пути кинематизации (или «геометризации») теории. Речь идет не только о математическом формализме, но и о выхолащивании основы теории относительности, об отрыве ее от учения о поле. Вернее, само понятие поля оказалось у Эйнштейна кинематизированным. Поэтому теория относительности Эйнштейна свела все положительные результаты нового учения о пространстве и времени — зависимость размеров тел и длительности происходящих в них процессов от условий, в которых они существуют, в частности от их движения,— к своеобразным особенностям измерения, которые якобы не подлежат в дальнейшем обоснованию и исследованию, поскольку они вытекают из некоторых условно принятых положений.

Общее направление работ Эйнштейна, его трактовка теории затормозили дальнейшее исследование основ теории относительности и развитие эксперимента в этой области. Мы полагаем поэтому, что задача физиков-материалистов заключается в том, чтобы связать объяснение пространственно-временных свойств материи с особенностями поля. Необходимо переработать физическое учение о пространстве и времени на основе диалектического материализма и устранить из физической науки влияние формализма и операционализма, которые наносят вред науке, не только запутывая, искажая понимание достигнутых результатов, но и создавая тупиковые направления в науке.

А. И. УЕМОВ

ГЕЛИОЦЕНТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОПЕРНИКА И ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ[1]

Гелиоцентрическая система Коперника — одно из величайших достижений человеческой мысли. Она сыграла огромную роль в развитии науки и освобождении человечества от религиозных пут.

«Революционным актом, которым исследование природы заявило о своей независимости и как бы повторило лютеровское сожжение папской буллы, было издание бессмертного творения, в котором Коперник бросил — хотя и робко и, так сказать, лишь на смертном одре — вызов церковному авторитету в вопросах природы»[2].

Усиление реакционных тенденций в идеологии современного капиталистического мира нашло, в частности, свое отражение в попытках дискредитировать те достижения науки, которые нанесли в свое время мощные удары религиозному мировоззрению. Один из главных ударов направлен поэтому против гелиоцентрической системы Коперника.

Но, ввиду того что эта система стала органической частью современной науки, невозможно, сохраняя хотя бы видимость научности, пытаться доказать ее несостоятельность. Поэтому борьба с ней идет до другой линии.

«Доказывается», что наблюдаемые нами факты в равной мере совместимы как с системой Коперника, так и с системой Птоломея, иными словами, что обе эти системы *эквивалентны*. При этом утверждают, что это якобы следует из основных положений современной физики.

---

[1] При написании настоящей статьи автор, кроме процитированных источников, пользовался рукописью неопубликованной статьи В. Л. Гинзбурга «Гелиоцентрическая система Коперника и теория относительности», из которой заимствовал, с его согласия, ряд важных соображений, касающихся физических основ теории относительности.

[2] Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1950, стр. 5.

Такое мнение разделяется не только откровенными пропагандистами религии, но и такими физиками, как А. Эйнштейн, которые, таким образом, льют воду на мельницу новых ревнителей истинности священного писания. Это лишний раз подтверждает слова А. А. Жданова о том, что «современная буржуазная наука снабжает поповщину, фидеизм новой аргументацией, которую необходимо беспощадно разоблачать»[1].

Цель настоящей статьи разоблачить антинаучную аргументацию сторонников эквивалентности системы Птоломея и Коперника.

«СИСТЕМЫ МИРА» И НЬЮТОНОВСКАЯ МЕХАНИКА

Решая вопрос об эквивалентности или неэквивалентности систем Птоломея и Коперника, о том, можно ли говорить об их истинности или неистинности, необходимо хотя бы в основных чертах выяснить, в чем заключается их сущность. Геоцентрическая система, созданная в древней Греции трудами Гиппарха и получившая свое завершение в работе Клавдия Птоломея «Математический синтаксис астрономии», более известной под своим арабским названием «Альмагест», заключается в следующем. В центре мира находится Земля, вокруг которой вращаются все небесные тела. Ближе всех к Земле находится Луна, затем Меркурий, Венера, Солнце, Марс, Юпитер, Сатурн и звезды. Все небо делает полный оборот вокруг Земли за 24 часа; этим вращением неба и объясняется смена дня и ночи. Планеты, в состав которых включалось и Солнце, кроме того, что они принимают участие в общем суточном движении всего неба, движутся по различным орбитам вокруг Земли. Луна совершает такой оборот в течение месяца, Солнце — в течение года и т. д. Звезды же остаются неподвижными относительно друг друга и участвуют лишь в суточном движении.

Планеты, согласно Птоломею, двигались по малым кругам — эпициклам, центры которых вращались вокруг Земли по большим кругам — диферентам. Необходимо особо подчеркнуть, что все «планеты», движение которых объясняет система Птоломея, можно разделить на три резко отличные друг от друга группы.

К первой группе относятся Луна и Солнце, движение которых сравнительно просто. Они не останавливаются, не получают попятного движения, и лишь скорость их в разных точках орбиты не одинакова.

---

[1] А. А. Жданов. Выступление на дискуссии по книге Г. Ф. Александрова «История западноевропейской философии», 1951, стр. 42.

Движение всех остальных планет оказалось настолько сложным, что потребовало введения, наряду с эксцентричностью орбиты, чрезвычайно усложненной системы эпициклов, иногда 3-го и даже более высокого порядка.

Среди этих планет замечены существенные различия. Некоторые (Марс, Юпитер, Сатурн), называемые теперь верхними планетами и которые мы отнесем ко второй группе, в своем движении всегда отстают от Солнца, даже тогда, когда движутся в ту же сторону и приходят в любые угловые расстояния от него. Они могут восходить вместе с заходом Солнца, заходить с восходом, т. е. быть видимыми всю ночь (моменты «противостояний»); в другое же время они невидимы, так как тонут в солнечных лучах (моменты «соединений»).

Планеты третьей группы Меркурий и Венера (нижние планеты) ведут себя совершенно иначе. Они то обгоняют Солнце, то отстают от него. Угловое расстояние от Солнца не может превзойти определенного предела, так что они могут быть видны лишь утром или вечером.

Для объяснения движения верхних и нижних планет требуются различные совокупности вращательных движений[1]. Все эти особенности движения планет совершенно необъяснимы с точки зрения геоцентрической системы и должны рассматриваться в ней лишь как случайные. Такова в кратких чертах система Птоломея.

Системе Птоломея вполне соответствовали те наблюдения, которые имели место в его время. Эти наблюдения, в силу отсутствия точных приборов и других несовершенств техники измерения, были весьма примитивны. Методы астрономии того времени позволяли измерять далеко не все элементы планетных орбит. Так, например, нельзя было определить расстояние от Земли до планетных орбит. Исключение в этом отношении представляют Луна и Солнце, расстояние до которых было определено еще Аристархом Самосским. Это обстоятельство необходимо подчеркнуть как имеющее особо важное значение для нашей темы. Однако, как могло случиться, что последовательность расположения планет в системе Птоломея (дальше всех от Земли находится Сатурн, ближе к Земле Юпитер и еще ближе Марс) оказалась вполне соответствующей их действительному расположению? Объяснение этому надо искать в том, что планеты располагались по продолжительности их обращения. При условии, что все планеты движутся с одинаковой скоро-

---

[1] См. Н. И. Идельсон. Этюды по истории планетных теорий. Сб. «Николай Коперник», изд. АН СССР, 1947, стр. 132—136.

стью, наиболее отдаленные из них должны казаться нам движущимися наиболее медленно, ближайшие — быстрее. На основании этого Птоломей пришел к заключению, что ближе всех к центральному телу (Земле) расположена Луна, так как она движется быстрее всех; дальше всех находится Сатурн, употребляющий для своего обращения наибольшее время. Ближе Сатурна расположен Юпитер, затем Марс. Однако *правильные результаты получились лишь в отношении верхних планет, Солнца и Луны.*

В гелиоцентрической системе Коперника центром вселенной является Солнце, находящееся в центре орбит всех вращающихся вокруг него планет. Последовательность расположения планет относительно Солнца определяется по тому же принципу, по которому располагал планеты Птоломей: с увеличением времени обращения планет увеличиваются радиусы их орбит.

В соответствии с этим ближайшей к Солнцу планетой оказывается Меркурий, за ним следует Венера, далее Земля, Марс, Юпитер, Сатурн. После всех планет располагается наиболее удаленная от Солнца сфера неподвижных звезд.

Предположив, что Солнце находится в центре мира и что Земля является одной из планет, Коперник сразу упростил крайне запутанную у Птоломея схему. Если у Птоломея по простым, в первом приближении круговым, орбитам двигались только Луна и Солнце, то в системе Коперника так двигаются все планеты.

Смену дня и ночи Коперник объясняет, по сравнению с Птоломеем, значительно проще. В то время как у Птоломея причиной ее являлось суточное вращение всех небесных тел вокруг Земли, у Коперника она объясняется вращением Земли вокруг своей оси.

Надо отметить, что тип движения всех планет, как верхних, так и нижних, у Коперника, в отличие от Птоломея, совершенно одинаков. Исключение составляет только Луна, потерявшая значение самостоятельной планеты и ставшая спутником Земли. Все планеты двигаются по однотипным орбитам и поэтому для объяснения своего движения они не требуют различных механизмов, что было совершенно необходимо в системе Птоломея. Из этого следует, что в системе Коперника все планеты относятся фактически к тому типу планет, к которому у Птоломея принадлежит лишь Солнце и Луна; в движении верхних и нижних планет различия нет.

Теория Коперника сразу же позволила добиться практических результатов, увеличить точность астрономических таблиц

и определения длины года. Так, известные «Прусские таблицы» (1551 г.) были составлены на основе незадолго перед тем (1543 г.) обнародованной системы Коперника; на ее же основе была проведена в 1582 г. реформа календаря и введен используемый сейчас «новый стиль». С этого времени система Птоломея становится регрессивной и вполне заслуживает названия обветшалой[1].

Создание гелиоцентрической системы нанесло удар по теологии тем, что лишило Землю ее центрального положения во Вселенной и поставило ее в равноправные условия с другими планетами. Именно это последнее обстоятельство, послужившее, в частности, толчком для деятельности Дж. Бруно, находится в непримиримом конфликте с религиозной догматикой и всем теологическим мировоззрением. И именно этим Коперник и положил начало освобождению естествознания от теологии.

Основной смысл аргументации Коперника в пользу своей системы сводится к тому, что с помещением Солнца в центре мира движения планет приобретают закономерный характер.

Но если Земля не только вращается вокруг своей оси, но и перемещается в пространстве, т. е. движется относительно звезд, то это должно без сомнения отразиться на результатах наблюдения над ними. Отсутствие каких-либо изменений в положении небесной сферы относительно Земли, происшедших вследствие ее пространственного перемещения, было одним из аргументов Птоломея против движения Земли. По мнению Коперника, такой эффект — годичное смещение звезд — должен иметь место, но, вследствие громадности расстояния от Солнца до сферы неподвижных звезд, он незначителен. Ввиду неточности инструментов Копернику не удалось определить годичного смещения звезд. Не удалось это сделать и Тихо де-Браге. Это открытие было сделано позднее, явившись триумфом системы Коперника.

Дальнейшее обоснование система Коперника находит в трудах Галилея, главным образом в его «Диалоге о двух важнейших системах мира».

Доказательства Галилея были логически связаны со всем зданием его новой механики. В «Диалогах» он вскрывает несостоятельность утверждения сторонников геоцентрической системы о том, что движение Земли должно было бы непременно отразиться на явлениях, происходящих на ее поверхности.

---

[1] См. И. Сталин. Вопросы ленинизма, 11 изд., стр. 502.

Он опровергает его на основе того факта, что прямолинейное движение системы не оказывает влияния на происходящие внутри этой системы механические явления.

В России теория Коперника нашла горячего последователя в лице великого русского ученого М. В. Ломоносова.

В своей работе «Явление Венеры на солнце, наблюденное в Санкт-Петербургской императорской Академии наук», Ломоносов отстаивает гелиоцентрическую систему мира. Интересно отметить, что Ломоносов связывает систему Птоломея с религиозными предрассудками, суеверием. «Древние астрономы, еще задолго до рождества христова, Никита Сиракузянец признал дневное земли около своей оси обращение; Филолай годовое около солнца. Сто лет после того Аристарх Самийский показал солнечную систему яснее. Однако эллинские жрецы и суеверы тому противились и правду на много веков погасили. Первый Клеант некто доносил на Аристарха, что он по своей системе о движении земли дерзнул подвигнуть с места великую богиню Весту, всея земли содержательницу; дерзнул беспрестанно вертеть Нептуна, Плутона, Цересу, всех нимф, богов лесных и домашних по всей землй. Итак, идолопоклонническое суеверие держало астрономическую землю в своих челюстях, не давая ей двигаться, хотя она сама свое дело и божие повеление всегда исполняла»[1].

Ломоносов показывает несовместимость системы Птоломея с современной ему наукой и особо подчеркивает значение теории Коперника для предсказания небесных явлений. «Между тем астрономы принуждены были выдумывать для изъяснения небесных явлений глупые и с механикою и геометриею прекословящие пути планетам, циклы и эпициклы (круги и побочные круги).

... Коперник возобновил, наконец, солнечную систему, коя имя его ныне носит; показал преславное употребление ее в астрономии, которое после Кеплер, Невтон и другие великие математики и астрономы довели до такой точности, какую ныне видим в предсказании небесных явлений, чего по земностоятельной системе отнюдь достигнуть невозможно»[2].

Ссылаясь на Кеплера и Ньютона, Ломоносов указывает на связь системы Коперника с «классической» механикой. Система Коперника имела огромное значение для выработки основных законов ньютоновской механики. Ньютон и использовал систе-

---

[1] М. В. Ломоносов. Избранные философские произведения, 1950, стр. 354.

[2] Там же, стр. 354—355.

му Коперника в гораздо более совершенном виде, чем она была у самого Коперника. Он применил ее в том виде, какой она получила в трудах Кеплера.

Внутренний смысл законов Кеплера был раскрыт Ньютоном. Он показал, что движение небесных тел будет соответствовать законам Кеплера только в том случае, если между ними будет действовать сила тяготения, изменяющаяся по определенному закону. Этот закон, выведенный на основе математического анализа законов Кеплера в связи со всеми остальными законами ньютоновской механики, явился знаменитым законом всемирного тяготения. Ясно, что нельзя было открыть закон тяготения и создать небесную механику, основываясь на крайне запутанной, не соответствующей действительности системе Птоломея.

Поскольку небесная механика тесно связана с гелиоцентрической системой мира, блестящие доказательства ее истинности, которые были даны предсказанием на ее основе существования и вычислением орбит двух ранее неизвестных планет—Нептуна и Плутона, можно рассматривать как практические доказательства истинности системы Коперника.

«Солнечная система Коперника,— пишет Ф. Энгельс,— в течение трехсот лет оставалась гипотезой, в высшей степени вероятной, но все-таки гипотезой. Когда же Леверье, на основании данных этой системы, не только доказал, что должна существовать еще одна, неизвестная до тех пор, планета, но и определил посредством вычисления место, занимаемое ею в небесном пространстве, и когда после этого Галле действительно нашел эту планету, система Коперника была доказана»[1].

Система Коперника послужила одним из краеугольных камней здания небесной механики. С другой стороны, ньютоновская механика явилась неопровержимым аргументом в пользу системы Коперника. Поскольку ею было доказано, что движение тяготеющих масс происходит вокруг общего центра тяготения в такой системе, как наша, в которой центр ее тяжести почти совпадает с центром тяжести Солнца, вращение должно происходить вокруг Солнца, а не вокруг Земли, обладающей массой совершенно ничтожной в сравнении с массой Солнца.

Ньютоновская механика не может быть совместима ни с системой Птоломея, ни с какой-либо другой системой, ставящей в центре мира тело с незначительной массой. Таким образом, с созданием ньютоновской механики система Коперника стала *единственно приемлемой системой мира*.

---

[1] К. Маркс и Ф. Энгельс. Избранные произведения, т. II, 1948, стр. 352.

Мы проследили связь ньютоновской механики с системой Коперника в одном плане — в плане связи закона тяготения и законов Кеплера. Но очень важна также связь ее с такими, имеющими принципиальное значение в ней понятиями, как «абсолютные» пространство и время, «абсолютное» движение.

Законы Ньютона справедливы в так называемых инерциальных системах. В таких системах тела, достаточно удаленные от всех других, движутся по инерции, т. е. равномерно и прямолинейно. Наилучшей с точки зрения точности соблюдения законов Ньютона инерциальной системой отсчета является астрономическая, связанная с «неподвижными» звездами. Но при меньших требованиях, предъявляемых к точности соблюдения законов Ньютона, в качестве инерциальной можно выбрать систему, связанную с Солнцем.

Никакая система отсчета не может, разумеется, считаться инерциальной à priori, напротив, степень ее инерциальности должна быть установлена на опыте. Мы считаем, например, декартову систему отсчета, начало которой находится в центре Солнца, а оси направлены на какие-либо три звезды, инерциальной системой потому, что в этой системе с доступной нам степенью точности соблюдаются законы Ньютона и при рассмотрении движения планет не нужно учитывать никаких сил, кроме сил взаимодействия между телами солнечной системы. Но, разумеется, выбранная инерциальная система не может считаться таковой с абсолютной точностью, так как звезды и Солнце движутся относительно друг друга. Система отсчета, жестко связанная с Землей, будет инерциальной уже со значительно меньшей степенью точности, так как Земля вращается вокруг своей оси.

Из опыта следует, что число инерциальных систем, в которых справедливы законы Ньютона, неограниченно велико. Всякая система отсчета, равномерно и прямолинейно движущаяся относительно данной инерциальной системы, также является инерциальной. Во всех инерциальных системах все механические явления протекают совершенно одинаково (разумеется, если одинаковы соответствующие начальные условия) и, таким образом, в пределах какой-либо инерциальной системы отсчета невозможно обнаружить (во всяком случае при помощи механических опытов) ее равномерного и прямолинейного движения относительно некоторой другой также инерциальной системы. Это положение, называемое принципом относительности ньютоновской механики, делает равноправным все инерциальные системы отсчета и тем самым лишает любую такую систему права считаться «абсолютной».

Однако ускорение тела относительно любой инерциальной системы одинаково, и, таким образом, это ускорение можно называть «абсолютным». В частности, если в какой-либо инерциальной системе тело вращается вокруг некоторой оси, то оно будет вращаться и во всех других инерциальных системах, т. е. вращение можно называть «абсолютным» в том смысле, что оно имеет место относительно всех инерциальных систем отсчета. Находясь на вращающемся шаре, например на Земле, мы сможем установить факт этого вращения при помощи, например, опыта Фуко, т. е. по изменению относительно шара плоскости колебаний маятника, подвес которого укреплен, скажем, на оси вращения шара. С ньютоновской точки зрения объяснение опыта Фуко таково: плоскость колебаний маятника должна в силу законов движения оставаться неизменной относительно абсолютного пространства; Земля же вращается относительно этого пространства, и, так сказать, «уходит» из-под маятника.

Важным следствием ускоренного движения тела относительно инерциальной системы, т. е., по терминологии Ньютона, абсолютного движения, являются центробежные силы, а также силы Кориолиса. Действие этих сил должно было бы вызвать ряд явлений, в частности сплюснутость земного шара к экватору, отклонение ветров, размыв одного из берегов рек, текущих в меридиональном направлении.

Все эти следствия действительно обнаруживаются, что также служит доказательством вращения Земли относительно инерциальной системы. В данном случае такой «инерциальной» системой приближенно считается система координат, связанная с Солнцем. Эта система обладает большей степенью инерциальности, чем система, связанная с Землей.

Таким образом, ньютоновская механика утверждает, что именно Земля вращается вокруг оси и ускоренно движется вокруг Солнца.

РЕАКЦИОННАЯ СУЩНОСТЬ ПОПЫТОК СОВРЕМЕННОГО «ФИЗИЧЕСКОГО» ИДЕАЛИЗМА ОПРОВЕРГНУТЬ ОБЪЕКТИВНУЮ ИСТИННОСТЬ СИСТЕМЫ КОПЕРНИКА

Выше уже говорилось, что усиление реакционных тенденций в идеологии империализма выразилось, в частности, в попытках дискредитировать значение великого открытия Коперника. Обычно поход против системы Коперника связывается

с теорией относительности Эйнштейна, но фактически он начался гораздо раньше.

Уже Эрнст Мах провозгласил, на основе ряда соображений «теоретико-познавательного» характера, «эквивалентность» систем Птоломея и Коперника. Затем, пытаясь опереться на теорию относительности, «эквивалентность» их стали утверждать Пуанкаре (с рядом оговорок), Райс, Ауэрбах, Шарль Нордман и др.

Подробно на истории всех подобных попыток мы останавливаться не будем. Отметим лишь то, что имеет особое значение в наше время.

По мнению Эйнштейна, борьба Коперника против воззрений Птоломея была «бессмысленной»[1], выбор той или иной системы — дело якобы чисто условного соглашения о разных системах координат. Подобные утверждения, несомненно, играют на руку поповщине и мракобесию и используются ими для новейших обоснований теологии.

В настоящее время наиболее активный поход против истинности системы Коперника ведется в США.

Так, Ангус Эрмитейдж в книге «Солнце, остановись!» утверждает, что Коперник не сделал никакого открытия; он лишь выбрал систему координат: «Коперник сделал *выбор*, а не *открытие*, когда он решил считать планеты вращающимися вокруг Солнца, как центрального тела»[2].

Правда, Эрмитейдж согласен считать систему Коперника истинной, но лишь в сугубо идеалистическом, прагматическом смысле этого слова. Для него истина — не соответствие объективной реальности, а всего-навсего соглашение, позволяющее связывать наибольшее количество фактов и выводить наибольшее количество следствий. Нет теории, претендующей на истину, все они лишь «орудия». В этом смысле можно признать истинной и систему Коперника, так же как можно считать истиной и чисто условные соглашения, например правила шахматной игры, поскольку они тоже позволяют связывать факты и выводить следствия.

В. И. Ленин, разоблачая прагматическое понимание истины, писал: «Различия между махизмом и прагматизмом так же ничтожны и десятистепенны с точки зрения материализма, как различия между эмпириокритицизмом и эмпириомонизмом. Сравните хотя бы богдановское и прагматистское определение истины: „истина для прагматиста есть родовое понятие для всяче-

[1] См. А. Эйнштейн и Л. Инфельд. Эволюция физики. 1948, стр. 197.

[2] Angus Armitage. Sun, Stand Thou Still. New York, 1947, p. 201.

ского рода определенных рабочих ценностей (working-values) в опыте"»[1].

Эрмитейдж путает объективную истину как отражение действительности со средствами ее постижения. Конечно, в процессе познания мы связываем факты и выводим следствия, но это лишь средство, а не цель. При помощи установления закономерностей в наблюдаемых фактах движения планет и вывода следствий, проверенных на опыте, Коперник и его последователи стремились выяснить объективное положение вещей.

Один из активных деятелей так называемого «Венского кружка», Ганс Рейхенбах, выпустил книгу «От Коперника к Эйнштейну», специально посвященную «обоснованию» того, что теория относительности Эйнштейна представляет собой дальнейший шаг вперед в развитии науки от Коперника, противоречащий Копернику.

«Становится бессмысленным,— пишет Рейхенбах,— говорить о различии в отношении истинности между Коперником и Птоломеем: обе концепции — одинаково допустимые описания. То, что рассматривалось как величайшее открытие западной мудрости, в противоположность такому же открытию античности, сейчас подвергается сомнению. Задается вопрос, имеет ли оно значение истины. Однако, хотя этот факт свидетельствует о необходимости осторожности в формулировании и оценке научных результатов, он никоим образом не означает шага назад в развитии истории. Доктрина относительности не утверждает, что взгляд Птоломея правилен; она скорее опровергает абсолютное значение каждого из этих двух взглядов. Это новое понимание могло возникнуть только вследствие того, что историческое развитие прошло через обе концепции, вследствие того, что вытеснение птоломеевского мировоззрения коперниковским заложило фундамент новой механики, которая в конце концов выяснила односторонность самого мировоззрения Коперника. Дорога к истине шла здесь через три диалектических этапа, которые Гегель рассматривал как необходимые во всяком историческом развитии, этапы, ведущие от тезиса через антитезис к высшему синтезу»[2].

Эти оговорки весьма характерны для Рейхенбаха и для других представителей современной реакционной философии, ведущих борьбу против истинности системы Коперника.

Они не отрицают, как правило, того, что система Коперника сыграла известную роль в развитии науки, не отрицают также

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 327.
[2] Hans Reichenbach. From Copernicus to Einstein, New York, 1942, p. 82—83.

того факта, что она и в настоящее время является основой для изучения движений планет и т. д. Такие факты нельзя отрицать без того, чтобы не дискредитировать себя как откровенных реакционеров. Они отрицают «лишь» претензии теории Коперника на объективную истинность, признавая ее полезность как «удобной фикции».

Такая позиция совершенно аналогична той, которую в свое время занимала католическая церковь по отношению к открытиям Коперника. Она также не отрицала их значения, напротив, ими воспользовались для реформы календаря. Церковники того времени, так же как и их сегодняшние продолжатели, боролись «лишь» против одного — против того, чтобы считать гелиоцентрическую систему объективной истиной, чтобы считать, что в действительности Солнце стоит, а Земля вращается. Их взгляды выражены в письме генерал-инквизитора кардинала Беллармина к Фоскарини, в котором указывается, что «принятие гипотезы о неподвижности Солнца и движении Земли вполне допустимо, если явления объясняются этим лучше, чем эксцентриками и эпициклами, и что для математиков этого должно быть достаточно; но утверждать, что это имеет место в действительности, не только опасно, но и вредно для веры»[1].

Декрет инквизиции, запрещающий теорию Коперника, не запрещал, однако, трактовать ее как гипотезу, удобную для математиков и астрономов.

Эта же концепция проведена и в предисловии к основной работе Коперника «Об обращении небесных сфер», написанном Осиандером.

Совпадение взглядов католической церкви и новейших реакционеров признал известный махист Ф. Франк, заявивший на съезде физиков в 1929 г., что в мнении инквизиции есть нечто соответствующее релятивистской концепции, согласно которой нельзя сказать, что Земля «на самом деле» движется, а Солнце стоит. Это впоследствии он повторил в своей книге «Between physics and philosophy» (1941).

И это совпадение не случайно. Оно обусловлено общностью целей, которые ставят перед собой старая и новая поповщина. В том и другом случае стоит задача — защитить религиозное мировоззрение от того удара, который наносит ему *объективная истинность* коперниканской теории, допуская в то же время использование системы Коперника в практике астрономических исчислений, чтобы не итти на открытый разрыв с наукой.

---

[1] См. Галилео Галилей. Диалог о двух главнейших системах мира — птоломеевой и коперниковой. Предисловие. 1948, стр. 11.

Однако в то время как средневековые церковники опирались лишь на авторитет священного писания, современные их продолжатели пытаются для достижения своих целей использовать данные современной науки, в первую очередь теории относительности.

КРИТИКА ПОПЫТОК ДОКАЗАТЬ «ЭКВИВАЛЕНТНОСТЬ» СИСТЕМЫ КОПЕРНИКА И СИСТЕМЫ ПТОЛОМЕЯ

Каковы основные аргументы, которые выдвигаются как «доказательства» эквивалентности систем Коперника и Птолемея?

1. Один из них, выдвинутый еще Махом, заключается в критике положения ньютоновской механики о существовании привилегированных систем.

С точки зрения Маха мы можем рассматривать любое вращающееся относительно инерциальной системы тело, например Землю, покоящимся. Тогда всю остальную Вселенную нужно считать находящейся в состоянии вращения относительно этого тела. Это вращение оказывает на данное тело действие, эквивалентное действию центробежной силы. Наблюдатель не может решить, вращается ли он относительно Вселенной, или Вселенная вращается вокруг него, поскольку производимое на него действие в обоих случаях одинаково. Таким образом, по Маху, все системы эквивалентны не только в кинематическом, но и в динамическом отношении. Отсюда, по Маху, следует эквивалентность систем Коперника и Птоломея.

У Маха нет разработанной *физической* теории, и его обоснование относительного характера ускорения носит чисто умозрительный характер. Каковы же исходные философские установки Маха в данном вопросе?

Мах исходит из того, что ощущения наблюдателя одинаковы в обоих рассмотренных выше случаях. Поскольку задача физики — открывать законы связи между ощущениями, а не вещами, естественно с его точки зрения считать оба случая эквивалентными.

Философия махизма подвергнута уничтожающей критике В. И. Лениным. В. И. Ленин показал, что принятие основного положения махизма о том, что задачей науки является исследование лишь связи ощущений, так как тела не что иное, как «комплексы ощущений», неминуемо ведет к солипсизму. «Никакие увертки,— пишет Ленин,— никакие софизмы (которых мы встретим еще многое множество) не устранят того ясного и неоспоримого факта, что учение Э. Маха о вещах, как комплексах

ощущений, есть субъективный идеализм, есть простое пережевыванье берклеанства. Если тела суть „комплексы ощущений“, как говорит Мах, или „комбинации ощущений“, как говорил Беркли, то из этого неизбежно следует, что весь мир есть только мое представление. Исходя из такой посылки, нельзя придти к существованию других людей, кроме самого себя: это чистейший солипсизм. Как ни отрекаются от него Мах, Авенариус, Петцольд и К°, а на деле без вопиющих логических нелепостей они не могут избавиться от солипсизма»[1].

Эйнштейн развил идею относительности ускорений. Для этого он использовал известный еще в ньютоновской физике факт равенства инертной и гравитационной масс. Общая теория относительности Эйнштейна придает ему первостепенное значение. Равенство «инертной» и «гравитационной» масс приводит, очевидно, к тому, что в классическое уравнение движения материальной точки под действием силы тяготения масса точки совсем не входит. Поэтому движение тела в неинерциальных системах отсчета сказывается, по внешнему своему проявлению, как легко видеть, таким же, как и движение в инерциальной системе, но под влиянием соответствующего поля тяготения. Это положение называется «принципом эквивалентности».

Эйнштейн иллюстрирует его своим широко известным примером с ящиком. Находясь внутри такого ящика, невозможно отличить его равноускоренное движение от действия поля тяготения. Всякое ускорение «эквивалентно» полю тяготения, направленному в противоположную сторону.

Этот принцип, по мнению Эйнштейна, дает возможность признать относительным не только равномерные и прямолинейные, но вообще всякие движения; «тогда в неравномерном движении нет ничего абсолютного. Поле тяготения в состоянии полностью его уничтожить»[2]. Любое тело можно брать за тело отсчета и рассматривать как находящееся в покое. Необходимо только ввести соответствующие поля тяготения.

Принцип эквивалентности дает возможность определить влияние однородного поля тяжести на различные процессы при помощи вычислений, относящихся к ускоренным системам. Однако неверно интерпретировать факт равенства инертной и тяжелой масс как полную эквивалентность поля тяготения и ускорения и следствием этого провозглашать, как это делает

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 30.
[2] А. Эйнштейн и Л. Инфельд. Эволюция физики, стр. 205.

Эйнштейн, относительность ускорений, отсутствие в неравномерном движении чего-либо абсолютного.

Прежде всего те «поля тяготения», которые вводятся для того, чтобы компенсировать действие ускорения, являются, в отличие от реальных гравитационных полей, вызываемых массами, полями *фиктивными*. Правда, последователи Эйнштейна, например Макс Борн, вполне в духе разобранной выше позиции Маха, утверждает, что «бессмысленно называть поля тяготения, появляющиеся при ином выборе отправной системы, „фиктивными“, в противоположность к „действительным“ полям, возбуждаемым близкими массами; это точно так же бессмысленно, как в специальной теории относительности вопрос о „действительной“ длине стержня; поле тяготения само по себе ни „реально“, ни „фиктивно“; оно не имеет, вообще говоря, никакого значения, пока не выбрана система координат...»[1].

Это утверждение основано на одинаковости наблюдаемого внешнего действия реального и фиктивного гравитационных полей. Однако такого рода одинаковость, как уже отмечалось выше, не является основанием для того, чтобы признать полную эквивалентность того и другого. Различные причины могут порождать при определенных условиях в том или ином отношении одинаковые действия, однако, поскольку мы признаем реальным не только то, что в данный момент наблюдается, необходимо признать различными те факторы, которые различаются в других условиях, в других отношениях. На основании одинаковости действия можно говорить лишь об аналогии *в данном отношении* между двумя явлениями. Но, как известно, аналогия в одном отношении, даже полная, не является гарантией аналогии во всех других отношениях. Такой случай мы и имеем, когда проводим аналогию между фиктивным и реальным гравитационными полями. Можно отождествить действие фиктивного и реального полей лишь при определенных условиях, например, если последнее будет однородным, т. е. будет обладать одинаковой напряженностью в любой своей точке, и т. д.

Как отмечает академик В. А. Фок, «принцип эквивалентности имеет строго локальный характер (в пространстве и во времени) и применим лишь для слабых и однородных полей и для медленных движений: лишь при этих условиях можно при-

---

[1] Макс Борн. Теория относительности Эйнштейна и ее физические основы. ОНТИ, 1938, стр. 253. Заметим, что аналогичная неверная трактовка принципа эквивалентности дается и в переведенной на русский язык книге П. Г. Бергмана «Введение в теорию относительности». Иноиздат, М., 1947.

ближенно заменить поле ускорения полем тяготения и обратно»[1]. Невозможность чисто кинематического истолкования гравитации ясна уже на примере гравитационного поля одного тела, уничтожить которое во всем пространстве и в любой момент времени нельзя никаким выбором системы отсчета (достаточно указать, что при введении сжимающейся системы координат сжатие не может продолжаться неограниченно долго). Наконец, если бы можно было «устранить» гравитационное поле во всем пространстве выбором системы координат, то эта система везде имела бы свойства инерциальной, галилеевой системы, т. е. пространство было бы эвклидовым. Поэтому римановский характер пространства-времени как раз и выражает невозможность кинематического понимания гравитации, невозможность считать всякое гравитационное поле «фиктивным».

Таким образом, мы видим, что фиктивные и реальные гравитационные поля, вызывая одинаковый эффект в одних условиях, в одних отношениях, различаются по своим действиям в других случаях. Поэтому мы должны признать их объективно различными и не отождествлять не только в тех случаях, когда они различаются по своим проявлениям, но и тогда, когда эти проявления совершенно одинаковы.

Если бы в последнем случае мы говорили не только об *аналогичности действий* ускорения и гравитационного поля, а вообще об их тождестве, *как объективных явлений*, то это обязывало бы нас признать их тождественность и во всех остальных отношениях.

Для махистов же, одним из коих и является Эйнштейн, реальны лишь проявления, непосредственно ощущаемые наблюдателем. Для них не существует реальных процессов в объективной действительности, являющихся источником этих ощущений. Поэтому, несмотря на то, что и Эйнштейну и Борну очень хорошо известны относительность эквивалентности поля и ускорения, они находят возможным говорить о том, что нет никакой разницы между реальными и фиктивными гравитационными полями.

Разумеется, даже с их точки зрения не будет противоречия только тогда, когда они будут говорить об эквивалентности ускорения и слабых однородных полей. Если же они, подобно Максу Борну, говорят, что вообще нет никакого различия меж-

---

[1] В. А. Фок. Некоторые применения идей неэвклидовой геометрии Лобачевского к физике. В кн.: А. П. Котельников и В. А. Фок. Некоторые применения идей Лобачевского к механике и физике. ГТТИ, 1950, стр. 70.

ду фиктивными и реальными полями, то получается просто кричащее противоречие с хорошо известными физическими фактами.

Нужно отметить, что даже среди физиков-идеалистов нет единодушия в признании относительного характера ускорения. Так, например, представитель крайне реакционной идеалистической системы философских взглядов Эддингтон, столкнувшись с целым рядом трудностей, вынужден признать абсолютность ускорения:

«... Некоторые явления на Земле сводятся к причине, обозначаемой, вообще, как абсолютное вращение Земли. Правомерно или нет такое обозначение, эта причина все равно существует и представляет собой измеряемую физическую величину. Сущность этой причины лежит в распределении тензора энергии, которое отличается абсолютным образом от распределения на невращающейся планете. Термин „абсолютный" здесь вполне правомерен...»[1].

Таким образом, нельзя те эффекты, которые наблюдаются на Земле вследствие ее ускоренного движения, т. е. вращения, свести к действию гравитационных полей и считать Землю покоящейся. Ускорение, в отличие от скорости, имеет абсолютный характер. Поэтому из принципа эквивалентности не вытекает равноправности систем Коперника и Птоломея.

2. Другой и наиболее часто используемый непосредственно для обоснования «эквивалентности» гелиоцентрической и геоцентрической системы аргумент заключается в следующем.

В общей теории относительности выдвигается требование формулирования физических законов таким образом, чтобы они сохраняли свой вид при любых преобразованиях координат. Выражаясь математическим языком, они должны быть ковариантными относительно любых преобразований. Таким образом, какую бы систему координат мы ни взяли, физические законы будут в ней выражаться так же, как и в любой другой системе. Поэтому, говорит Эйнштейн, Борн и другие, не существует особых, привилегированных, инерциальных систем. «Призрак инерциальной системы» изгоняется из физики. Все системы одинаково хороши. Одинаково хороши, следовательно, и система координат, связанная с Солнцем, и система координат, связанная с Землей. Система Коперника эквивалентна системе Птоломея.

В связи с этим следует прежде всего заметить, что введение общековариантной записи уравнений движения совсем не ре-

---

[1] А. Эддингтон. Математическая теория относительности. Харьков, 1933, стр. 238.

шает вопроса. Как известно, уравнения ньютоновской механики системы из n точек можно записать, вводя обобщенные координаты q_i в виде уравнений Лагранжа второго рода

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{dL}{d\dot{q}_i}\right)-\frac{\partial L}{\partial q_i}=0, \qquad (1)$$

где $L(t,q_i,\dot{q}_i)$ — функция Лагранжа $\dot{q}_i=\frac{dq_i}{dt}$, и все силы предполагаются имеющими потенциал. Уравнения (1) ковариантны относительно любых преобразований вида $q_i'=f_i(t,q)$, где f_i — гладкие функции и имеют, таким образом, одинаковый вид во всех системах координат. Возможность такой общековариантной записи сама по себе еще не содержит и не может содержать никаких физических утверждений. Она является просто отражением того обстоятельства, что система координат представляет собой только наше средство описания действительности, и поэтому, по выражению В. А. Фока, «всякая физическая теория, кроме явно нелепой... не может зависеть от выбора той или иной координатной системы». Физические же утверждения связаны с определением класса допустимых преобразований координат. В ньютоновской механике этот класс — один, в современной физике — другой, и с математической точки зрения именно в этом и состоит одно из отличий между двумя теориями.

Далее, следует иметь в виду, что принцип общей ковариантности, не являясь физическим утверждением, вообще не имеет отношения к вопросу о существовании привилегированных, *динамически* выделенных систем отсчета. Так, например, утверждение о существовании в ньютоновской механике выделенных инерциальных систем отсчета является *самостоятельным физическим* законом, основанным на ряде экспериментальных фактов. Наличие такого рода выделенных систем, естественно, не исключает возможности пользоваться и любыми другими системами (если это оказывается удобным в той или иной задаче) и ни в коей мере не нарушает принципа общей ковариантности. Наконец, надо помнить, что существуют и такие закономерности, которые вообще не могут быть выражены в общековариантной форме, ибо по самой сути своей связаны с выбором определенной системы отсчета. Это — *кинематические* закономерности. К числу их относятся, например, законы Кеплера. Имеют ли они объективное значение? Безусловно, да. В то же время ясно, что они выполняются лишь в системе координат, связанной с Солнцем. Наличие такого рода кинематических закономерностей, связанных с определенной системой

координат, не случайно. Оно является показателем динамической выделенности этих систем (подробнее — см. ниже).

Резюмируя, мы можем сказать, что принцип общековариантности не является сам по себе физическим утверждением и поэтому не имеет прямого отношения к вопросу о существовании привилегированных систем отсчета.

Поэтому попытки использования этого принципа для обоснования эквивалентности систем Коперника и Птоломея оказываются совершенно безуспешными.

ИСТИННОСТЬ СИСТЕМЫ КОПЕРНИКА В СВЕТЕ ДАННЫХ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ

Выше были рассмотрены основные аргументы, выдвигаемые сторонниками эквивалентности систем Коперника и Птоломея. Несостоятельность их очевидна. Никаких доводов в пользу такой эквивалентности не существует.

Это одна сторона вопроса. С другой стороны, в самой современной физике существуют достаточные основания для того, чтобы положительно утверждать их неэквивалентность, истинность одной из них, гелиоцентрической системы, и ложность другой — геоцентрической.

1. Прежде всего они заключаются в том, что современная физика ни в какой мере не отменяет механику Ньютона, а, по крайней мере в применении к солнечной системе, лишь в некоторых пунктах уточняет ее. Так, рассмотрение движения планет вокруг Солнца на основе современных уравнений тяготения приводит к результату, отличающемуся от «классического» только тем, что кеплерова эллиптическая орбита планеты медленно вращается. Этот эффект максимален для Меркурия, перигелий орбиты которого должен, согласно общей теории относительности, поворачиваться на 43,0 угловые секунды за сто лет; для земной орбиты этот единственный существенный релятивистский эффект в солнечной системе составляет только 3,8 сек. в столетие (опытные данные подтверждают теорию: для Меркурия и Земли наблюдаемый поворот составляет соответственно $42,6 + 0,9$ и $4,6 + 2,7$ сек. в столетие). Поскольку за столетие Земля поворачивается вокруг Солнца на $100\cdot360\cdot60\cdot60 = 1296\cdot10^8$ сек., относительная величина релятивистской поправки порядка 10^{-8}, т. е., как это следует и из общих соображений, порядка $\left(\frac{v}{c}\right)^2$, где $v = 130$ км/сек — скорость движения Земли по орбите и $c = 3\cdot10^5$ км/сек — скорость света. Если отвлечься от этой поправки, которая

для Земли лежит на границе точности современных измерений, все результаты механики Ньютона оказываются полностью справедливыми и с точки зрения теории относительности. Поэтому в пределах солнечной системы, к которой только и относится непосредственно система Коперника, современная теория гравитации не может привести к какой-либо существенной переоценке ранее полученных результатов физики.

Если пренебречь релятивистскими эффектами, которые для нашей солнечной системы крайне малы, то справедливы законы ньютоновской механики, и можно ввести инерциальную систему отсчета в старом смысле этого слова. Следует также подчеркнуть, что и в «неклассическом» приближении общая теория относительности допускает в ряде случаев введение физически выделенной системы отсчета. Так, в постоянном гравитационном поле можно ввести систему координат, в которой все величины, в частности поле g_{ik}, не зависят от времени $x_0 = ct$. Постоянное поле в свою очередь может быть статичным; в этом случае все смешанные компоненты g_{01} g_{02} g_{03} равны нулю. Примером такого статического поля является поле одного неподвижного тела[1]. Если же тело имеет симметрию вращения и вращается вокруг своей оси симметрии, то поле будет постоянным, но уже не статическим, а стационарным (при этом не все компоненты типа g_{01} обращаются в нуль). Постоянное гравитационное поле характеризуется рядом физических особенностей, не присущих произвольному гравитационному полю. Достаточно сказать, что сама возможность нахождения системы координат, в которой компоненты g_{ik} не зависят от времени, являются физическим утверждением, могущим быть проверенным на опыте.

Наша солнечная система не только может считаться «квазиклассической», но одновременно ее гравитационное поле является квазистатическим. Этим последним термином мы хотим выразить тот факт, что в первом приближении поле в солнечной системе есть поле покоящегося шара, т. е. поле, определяемое решением Шварцшильда[2]. Это обстоятельство связано

---

[1] В теории относительности, где уравнения движения масс являются следствием уравнений поля, не существует решений, отвечающих нескольким неподвижным телам. Поэтому поле является статическим, строго говоря, лишь если во всем пространстве имеется только одно тело.

[2] Решение Шварцшильда является строгим статическим, сферически симметричным решением уравнений поля, справедливым вне гравитирующего шара. Весьма важно отметить, что при решении этой задачи о поле шара (или любого сферически симметричного распределения «материи») метрика на бесконечности автоматически оказывается эвклидовой и накладывать это требование в качестве дополнительного условия, как часто делают, нет необходимости.

с тем, что почти все вещество в солнечной системе сосредоточено в Солнце, масса которого в 330 000 раз больше массы Земли и больше массы всех планет, вместе взятых, в 750 раз; вращение Солнца также не приводит к существенному изменению поля, действующего на планеты (в отличие от солнечной системы, двойная звезда, массы компонентов которой сравнимы между собой, не может считаться квазистатической системой).

Таким образом, система отсчета, связанная с Солнцем, выделена не только в силу ее «квазиклассичности» (или квазиинерциальности), но и в связи с ее квазистатичностью. И фактически при решении задач о движении перигелия планет и отклонения световых лучей в поле Солнца, гравитационное поле Солнца считается полем Шварцшильда, т. е. *в теории относительности используется гелиоцентрическая система Коперника, и только она.*

Говоря о привилегированных системах отсчета, которые можно в некоторых случаях ввести в общей теории относительности, нельзя не подчеркнуть следующего положения, лежащего в основе всей теории. Именно, в силу «принципа эквивалентности», всегда можно ввести такую систему отсчета, которая для любого бесконечно малого участка пространства-времени эквивалентна ньютоновской инерциальной системе отсчета; без поля тяготения в этой системе отсчета материальная точка движется равномерно и прямолинейно (предполагается, конечно, что рассматриваемая материальная точка не заряжена, не намагничена и т. п.). Поэтому мы можем без всякой двусмысленности назвать местную систему, в которой соблюдается закон инерции, местной или локальной инерциальной системой. В этой системе предполагаются справедливыми все законы специальной теории относительности. Среди всех возможных локальных систем *локальная инерциальная система является, разумеется, привилегированной.* Приближенно (с очень большой точностью) можно считать, что астрономическая система отсчета и есть как раз местная инерциальная система; в этом смысле понятия о «квазиклассической» и местной инерциальных системах смыкаются. Локальная инерциальная система в строгом смысле этого слова на Земле реализуется в свободно падающем «лифте».

2. Когда в ньютоновской механике говорят об «абсолютности» ускорения, то под абсолютным ускорением понимают ускорение относительно инерциальной системы отсчета. Конечно, в системах отсчета, движущихся ускоренно относительно инерциальной, ускорение данного тела уже другое, чем в инерциальных системах. Таким образом, утверждение об «абсолютности» ускорения здесь тождественно с утверждением

о существовании привилегированных инерциальных систем отсчета. Как уже сказано, для общего случая движения произвольной системы тел не существует совершенно строго выделенной привилегированной системы отсчета для конечной области пространства-времени. Потому и старое понятие об «абсолютном» ускорении здесь, строго говоря, для самого общего случая места не имеет. Но, разумеется, если требования, предъявляемые к точности рассмотрения вопроса, позволяют воспользоваться «квазиклассическим» или квазистатическим приближениями, можно считать «абсолютным» ускорение относительно соответствующей выделенной системы отсчета.

Далее, как показал В. А. Фок[1], введение в известном смысле привилегированной системы представляется возможным и при несоблюдении квазиклассического или квазистатического приближений, но при эвклидовости метрики на бесконечности. Именно, если метрика на бесконечности является эвклидовой (условие I) и выполнено условие излучения (условие II), физически сводящееся к требованию, чтобы извне к рассматриваемой системе тел не приходили никакие гравитационные волны, то привилегированной можно считать гармоническую систему координат. Гармоническими координатами называются координаты, удовлетворяющие условиям

$$\square x_i \equiv \frac{1}{\sqrt{-g}} \frac{\partial}{\partial x_k} \left(\bar{g}^{kl} \frac{\partial x_i}{\partial x_l} \right) = \frac{1}{\sqrt{-g}} \frac{\partial \bar{g}^{li}}{\partial x_l} = 0,$$

где $\bar{g}^{kl} = \sqrt{-g} \cdot g^{kl}$ и g — определитель, составленный из величин g_{ik}.

Сформулированные условия определяют систему координат X_0, X_1, X_2, X_3 однозначно, с точностью до лоренцова преобразования с постоянными во всем пространстве коэффициентами. Выделяемый таким образом класс систем будем для краткости называть гармоническими системами, получающимися друг из друга в результате лоренцева преобразования. В этом отношении класс гармонических систем аналогичен классу инерциальных систем[2]. Однако тем же свойством обладает и бесчис-

[1] В. А. Фок. Некоторые применения идей неэвклидовой геометрии Лобачевского к физике. В кн. А. П. Котельников, В. А. Фок. Некоторые применения идей Лобачевского в механике и физике. ГТТИ, 1950, § 5. Сб. «Николай Коперник», 1947. Статья В. А. Фока «Система Коперника и система Птоломея в свете общей теории относительности».

[2] В ньютоновской механике любое ускорение во всех инерциальных системах одинаково. В инерциальных системах в специальной теории относительности и в гармонических системах в общей теории относитель-

ленное множество других классов систем отсчета. Ясно, например, что если тело не имеет ускорения в некоторой неинерциальной системе отсчета, то оно не будет иметь ускорения и во всех других (тоже неинерциальных) системах, получаемых из данной в результате галилеевского или лоренцева преобразований. Другими словами, свойством оставлять ускорение равным нулю при переходе от одной системы отсчета к другой обладают не только инерциальные и гармонические системы, но и многие другие системы отсчета. Таким образом, гармонические системы выделяются лишь условиями, продиктованными, насколько мы можем судить, только соображениями математического удобства[1]. Последние весьма существенны, но их трудно поставить в один ранг с теми физическими особенностями, которые выделяют инерциальные системы отсчета в ньютоновской механике и статические системы отсчета в общей теории относительности. Кроме того, как сказано, гармонические системы выделяются лишь в случае, когда метрика на бесконечности строго эвклидовая, на что нет особых оснований.

Можно, конечно, условиться называть ускорение относительно гармонической системы координат «абсолютным», но, учитывая происхождение этого термина и сказанное выше, нам представляется более правильным его здесь не вводить, тем более что понятию об «абсолютном» ускорении можно и, как нам кажется, целесообразно придать другой смысл. Дело в том, что все сказанное в отношении невозможности введения инерциальной системы отсчета относится только к конечным областям пространства — времени. *В бесконечно же малых областях физически привилегированная система отсчета всегда существует — это местная инерциальная система отсчета.* Используя факт существования такой системы, в понятие об «абсолютном» вращении, и вообще об ускорении, можно вложить ясное физическое содержание.

ности отличное от нуля 4-мерное ускорение в разных системах не одинаково, но ускорение, равное нулю в одной системе, равно нулю во всех системах.

[1] Условия гармоничности координат аналогичны известному условию $\frac{\partial A}{\partial x_i} = 0$, накладываемому на потенциалы электромагнитного поля A_i. Это условие, совместно с некоторым условием типа условия излучения, однозначно определяет потенциалы A_i, но еще не делает эти потенциалы физически привилегированными по сравнению с другими возможными потенциалами, приводящими к тем же самым значениям напряженностей электромагнитного поля $\mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} - \operatorname{grad} \varphi$, $\mathbf{H} = \operatorname{rot} \overline{\mathbf{A}}$, где $\mathbf{A} = (A_1, A_2, A_3)$ и $\varphi = -iA_4$.

Применительно к интересующему нас вопросу такой местной инерциальной системой будет система, связанная с Солнцем, а в «абсолютном» вращении находится Земля.

3. Большое значение при решении проблемы об истинности системы Коперника имеет тот факт, что солнечная система не существует изолированно, а находится в определенных отношениях ко всем остальным телам Вселенной. Это позволяет использовать для рассмотрения ряда явлений солнечной системы систему координат, связанную с так называемыми «неподвижными» звездами.

В ньютоновской механике абсолютным движением, с которым связывались особые эффекты, считалось движение относительно абсолютного пространства. Однако физически было невозможно ввести систему координат, связанную непосредственно с пространством, которая была бы абсолютно инерциальной системой, вследствие чего на практике в старой физике вынуждены были ограничиваться лишь приближениями к такой идеальной системе.

Наилучшим приближением и явилась система координат, связанная с неподвижными звездами.

Поэтому, когда в ньютоновской механике говорилось о вращении Земли, то речь шла фактически о вращении относительно той инерциальной системы, которой является система неподвижных звезд. Современная физика, упраздняя ньютоновское абсолютное пространство, придает этой системе, рассматривавшейся раньше как приближение к подлинной инерциальной системе, самостоятельное значение. Функции абсолютного пространства, которые *выполнялись этой системой фактически*, теперь стали принадлежать ей и в теории.

Если в ньютоновской механике возникновение центробежной и кориолисовой силы, вращение плоскости колебания маятника в опыте Фуко и т. д. объяснялись движением Земли относительно абсолютного пространства, апроксимируемого системой «неподвижных» звезд, то теперь эти явления стали объясняться движением относительно самой системы «неподвижных» звезд. Таким образом, абсолютное движение, считавшееся ранее движением относительно пространства, выглядит как движение относительно системы неподвижных звезд.

Следовательно, сохранилась и неравноправность систем Коперника и Птоломея. Опыт, астрономические и физические наблюдения решают вопрос, какая из этих систем истинна. Выше уже неоднократно отмечались те физические явления, которые приводят к выводу об «абсолютном» движении Земли и являются тем самым подтверждением системы Коперника.

В ее же пользу говорят все данные астрономических наблюдений, как тех, которые были известны во времена Коперника, так и тех, которые были получены позже.

Здесь в первую очередь необходимо отметить, что, согласно системе Птоломея, Земля, являющаяся центром мира, не имеет движения относительно звезд. Открытия годичного смещения звезд, явления аберрации доказали, что Земля находится в периодическом движении относительно звезд.

Могут возразить, что теория относительности с тем же правом, с которым она объясняет все эти явления движением Земли относительно звезд, может объяснить их и движением всей Вселенной относительно Земли, несколько видоизменив, таким образом, отдельные детали системы Птоломея, но оставив в неприкосновенности ее сущность.

Это, однако, совершенно неправильно и по существу противоречит теории относительности, не допускающей движений со скоростями, бóльшими скорости света c, а именно такими скоростями должны будут обладать звезды, удаленные от Земли на расстояния $r > \frac{c}{\omega}$ (ω — угловая скорость), если считать Землю покоящейся.

Поэтому в теории относительности мы с бóльшим правом, чем в ньютоновской механике, можем сказать, что именно Земля вращается относительно системы, связанной со звездами, а не наоборот.

Таким образом, вопреки сторонникам эквивалентности систем Коперника и Птоломея, именно современная физика категорически, с гораздо большей силой, чем ньютоновская механика, высказывается об истинности первой системы и ложности второй.

Правда, сторонники «эквивалентности» систем Коперника и Птоломея пытаются спасти положение утверждением об изменении скорости света в поле тяготения, которое якобы должно создаться в результате вращения Вселенной относительно Земли. Однако то поле, которое в данном случае возникает, фиктивное. Выше уже разбирался вопрос о неправомерности отождествления реального и фиктивного полей.

Знаменитый эффект Эйнштейна — отклонение луча при прохождении его около Солнца, связанный с изменением вектора скорости света,— обусловлен реальным гравитационным полем Солнца. До сих пор еще не было обнаружено ни одного эффекта, обязанного своим происхождением фиктивным полям, если не считать тех пробелов, для заполнения которых они были придуманы.

Поэтому гипотезу изменения скорости света в результате вращения необходимо расценивать как образец гипотезы ad hoc.

4. Итак, система координат, связанная с неподвижными звездами, выполняет в теории относительности функции инерциальной системы ньютоновской механики, связанной с абсолютным пространством.

Неэквивалентность систем Птоломея и Коперника, связанная с «абсолютностью» вращения, обосновывается в теории относительности также следующим соображением.

В старой физике, в силу эвклидовости пространства и «абсолютности» времени, можно выбрать вполне определенную «жесткую» эвклидову систему отсчета, в которой относительная скорость движения в данный момент времени приобретает вполне определенное значение (зависимость численного значения скорости от выбранных единиц длины и времени, конечно, не существенна). Именно такой системой всегда и пользуются, когда без дальнейших пояснений говорят об относительной скорости двух или нескольких тел. Отсутствие такой привилегированной системы отсчета, или, другими словами, неэвклидовость пространства-времени,— свойства которого зависят от распределения и движения «материи», т. е. вещества и электромагнитного поля,— и делает невозможным в общей теории относительности говорить просто о движении тела *A* относительно удаленного от него тела *B*. На передний план здесь выступает не движение тела *A* относительно тела *B*, а движение каждого из этих тел относительно системы отсчета в месте, занимаемом этим телом. Это обстоятельство находится в соответствии с духом всякой теории поля, где на передний план выдвигаются локальные характеристики состояния, а не интегральные, такие, как, например, расстояния между удаленными телами. Но, если говорить о местных системах отсчета, то среди них всегда есть одна (или, точнее, одна с точностью до лоренцева преобразования) привилегированная система отсчета, именно местная инерциальная система, метрика которой есть галилеева метрика. *Ускорение, или, конкретно, вращение относительно этой местной инерциальной системы, и можно назвать «абсолютным»*. Применение этого термина, конечно, совсем не обязательно, но оно уместно потому, что имеет в известном отношении тот же смысл, который вкладывается в это понятие Ньютоном. Разница, пока речь идет о малой галилеевской области пространства-времени, лишь в том, что Ньютон просто говорил об абсолютном пространстве, мы же теперь говорим о гравитационном поле и движении относительно

«линий» этого поля. Последние определяются как траектории движущихся по инерции точек.

Итак, *можно говорить об «абсолютном» ускорении и вращении в указанном смысле и к тому же с бо́льшим основанием, чем в ньютоновской механике, благодаря тому, что соответствующие функции абсолютного пространства Ньютона фактически были не уничтожены, а перешли отчасти к системам отдаленных массивных тел*, как было сказано выше, *отчасти к связанному с ними полю.*

Неэквивалентность систем Коперника и Птоломея, которая существовала в ньютоновской механике, не только полностью сохранилась, но даже приобрела еще большее значение.

5. Выше было показано наличие привилегированных систем координат и правомерность применения термина «абсолютное вращение», из чего вытекала неэквивалентность систем Коперника и Птоломея.

Но речь шла, главным образом, о *динамической* неэквивалентности. С кинематической стороны, т. е. со стороны кинематического описания движения, этот вопрос не рассматривался.

Часто можно слышать даже со стороны лиц, вообще отрицающих эквивалентность систем Коперника и Птоломея, утверждения, что эти системы эквивалентны кинематически, ибо мы можем описывать движения небесных светил, абстрагируясь от причин, их вызывающих, так, как мы их наблюдаем с Земли, и с таким же успехом, как если бы мы их описывали, наблюдая с Солнца[1].

Однако нам представляется это неверным. Гелиоцентрическая и геоцентрическая системы *не эквивалентны не только динамически, но и кинематически.*

Мнение об их кинематической эквивалентности возникло на основе отождествления *систем мира, какими являются системы Коперника и Птоломея, с системами отсчета.* Это — два различных понятия.

Системы отсчета мы можем брать часто совершенно произвольно. Например, исследуя хаотичное движение комаров в большом комарином рое, мы можем рассматривать это движение с точки зрения каждого комара. У нас нет основания выделять особую привилегированную систему. С одним комаром можно связать систему отсчета с таким же правом, как и с другим.

---

[1] См., например, Г. Н. Н а а н. К вопросу о принципе относительности в физике. «Вопросы философии», 1951, № 2, стр. 61.

Таким образом, здесь господствует полная произвольность в выборе систем отсчета. Но так будет только до тех пор, пока мы интересуемся лишь самим фактом движения, а не его закономерностями.

Как только мы поставим перед собой задачу выяснить законы движения, так сейчас же возникает вопрос о выборе соответствующей системы отсчета, т. е. привилегированной, неэквивалентной другим системам отсчета. В зависимости от той или иной задачи мы возьмем систему отсчета, связанную или с окружающим воздухом, или с поверхностью Земли, т. е. выбор системы не будет произвольным. Произвол отсутствует в этих случаях не только в выборе начальной точки, но и самого типа координат. Так, при изучении поступательного движения пользуются прямолинейными ортогональными координатами, при изучении вращательного — полярными и т. д. Правда, в принципе и в этих случаях можно пользоваться иногда не привилегированными системами, а произвольно взятыми. Например, вращательное движение можно изучать как поступательное, пользуясь декартовыми координатами и не вводя понятия угловой скорости, и т. д. Но закономерности движения в этом случае приобретут очень сложный характер. Таким образом, в тех случаях, когда речь идет о познании определенных *законов* движения, различные системы координат *не совсем эквивалентны даже в кинематическом отношении*. Правда, могут возразить, что эта неэквивалентность весьма условна. Смысл этого возражения сводится к следующему.

Движение в разных системах выглядит, конечно, по-разному, и при этом может оказаться, что в какой-то одной из этих систем данное движение обладает некоторыми особенностями, например является равномерным движением по прямой или движением по окружности, а в пределах кинематики никаких других особенностей, кроме подобных, указать нельзя. Систему отсчета, в которой обнаружены эти «особенности», можно считать привилегированной и неравноправной с другими. Но эта неравноправность будет обоснована лишь на предпочтении, скажем, окружностей или кривых 2-го порядка, каким-то кривым более высокого порядка.

Это возражение было бы совершенно справедливо в том случае, если бы нас не интересовали *законы* движения, а такие законы существуют, конечно, и в кинематике. Если в разобранном выше примере с роем комаров окажется, что в системе координат, связанной с комаром A, траектории движения остальных комаров обладают некоторыми особенностями, например являются кривыми 2-го порядка, то, конечно, весьма услов-

ным было бы предпочтение именно данной системы отсчета. Но совсем иначе обстоит дело, когда речь идет об изучении *именно этих особенностей*, т. е. законов движения. Ясно, что их невозможно изучать в таких системах, в которых они не проявляются, и почти невозможно в таких, в которых они проявляются лишь скрыто.

На чем же основана привилегированность определенных систем координат? С точки зрения махизма, их выбор диктуется лишь соображениями удобства, экономии мышления.

Такое утверждение представляет собой пустую тавтологию: удобно, потому что удобно. Но почему в одних случаях удобна одна система, в других — другая, махизм объяснить не в состоянии. Ответ на этот вопрос дается лишь с материалистических позиций.

В. И. Ленин, критикуя махистский принцип экономии мышления, пишет, что «Мышление человека тогда „экономно", когда оно *правильно* отражает объективную истину...»[1].

Та система будет наиболее удобна, которая позволяет выделить именно то отношение в вещах, с которым связывается исследуемая закономерность и которая таким образом правильно отразит истину. Изучение этой закономерности в такой системе приводит к наиболее простому результату, так как здесь исследуемое не загромождено массой других второстепенных, несущественных для него отношений, условий. Выделяя непосредственно закономерность, привилегированная система освобождает явление от случайных особенностей ее наблюдения.

Такой преимущественной системой и является система отсчета, связанная с Солнцем.

Ленин в своей выписке из Абеля Рея подчеркивает именно эту сторону системы Коперника. «...Система Птоломея показывает нам опыт, загроможденный индивидуальными представлениями, зависящими от земных условий астрономического наблюдения: это звездная система, как она видна с земли. Система Коперника-Галилея гораздо более объективна, так как она упраздняет условия, зависящие от того факта, что наблюдатель помещается на земле»[2].

Итак, выбор системы отсчета даже в кинематике не произволен, а зависит от исследуемых закономерностей.

Это обстоятельство отнюдь не является нарушением принципа общей ковариантности, как могло бы показаться при первом поверхностном взгляде. Как мы уже отметили выше, из

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 157.
[2] В И. Ленин. Философские тетради, 1947, стр. 388.

принципа общей ковариантности вытекает лишь принципиальная возможность пользоваться для описания движения любой (в известных пределах) системой координат. Факт отсутствия или наличия динамически выделенных систем отсчета с принципом общей ковариантности никак не связан. Но система, выделенная динамически, неизбежно выделяется и кинематически, ибо кинематические закономерности определяются динамическими. Показателем такой выделенности определенной системы отсчета является возможность сформулировать в ней определенные закономерности движения.

Именно так обстоит дело с системами мира, какими являются системы Птоломея и Коперника.

Система мира как система отсчета предполагает справедливость ряда утверждений, относящихся к движению планет.

Эти утверждения отчасти сформулированы явно, отчасти лишь подразумеваются. На их основе изучаются основные характеристики планетной системы.

Каковы же эти утверждения?

Основным из них является положение о закономерном характере движения планет. Как для Птоломея, так и для Коперника оно было бесспорным. Однако лишь в гелиоцентрической системе движения планет приобретают закономерный характер. Это, как отмечалось выше, явилось главным аргументом Коперника в пользу гелиоцентрической системы.

Сторонники «эквивалентности» системы Коперника и Птоломея, пытаясь умалить значение открытия Коперника, утверждают, что Коперник нашел лишь наиболее удобную систему, такую, в которой движения планет имеют особенно простой вид.

Выше уже говорилось, что простота и удобство имеют свое реальное основание, заключающееся в данном случае в том, что система Коперника более объективна, так как не зависит от специфических условий, в которые поставлен наблюдатель.

И Коперник и Птоломей считали, что конкретным воплощением закономерности, управляющей движением планет, является движение по кругу.

У Коперника идеал кругового движения достигнут гораздо полнее, чем у Птоломея. Птоломей вынужден был прибегать к большому числу *специально придуманных* эпициклов для согласования видимого движения с круговым.

Но нас в данном случае интересует не та ошибочность, в которую впадали все астрономы того времени (относительно конкретного типа закономерности), а то истинное, что было в их воззрениях, т. е. то, что такая закономерность *действительно существует*.

Но она существует, как подчеркивает Коперник, *лишь в гелиоцентрической системе.* Правда, и Птоломей получал в конце концов некоторую закономерность, хотя и очень сложную, но дело в том, что эта закономерность *была придумана* ad hoc. Она *специально подбиралась* таким образом, чтобы соответствовать видимому движению планет. Ее приходилось изменять всякий раз, как получались более точные наблюдения, при помощи произвольного введения новых эпициклов. Она не допускала никакого теоретического объяснения. При ее помощи, как указывает Ломоносов, невозможны *предсказания* небесных явлений. Следовательно, нельзя считать, что эта закономерность носит объективный характер.

Другим утверждением, общим для Птоломея и Коперника, является закон связи среднего расстояния от планеты до центрального тела и периода обращения вокруг него. Чем дальше отстоит планета от центра, тем больше времени требуется для полного оборота.

Это утверждение впоследствии было сформулировано более точно в третьем законе Кеплера. Оно признается справедливым и в наши дни.

На основе этого утверждения Птоломей и Коперник определяли порядок планетных орбит. По периоду обращения планеты можно расположить в следующем порядке: Луна, Меркурий, Венера, Земля (или, соответственно, Солнце, если считать Землю покоящейся), Марс, Юпитер, Сатурн.

В геоцентрической системе получается такой порядок: Земля, Луна, Меркурий, Венера, Солнце, Марс, Юпитер, Сатурн, а в гелиоцентрической: Солнце, Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн. Для Луны же центральным телом остается Земля, и оно, соответственно своему наиболее короткому периоду, остается к ней ближайшей планетой.

Как уже подчеркивалось при изложении систем Птоломея и Коперника, *по Птоломею получается, что из нижних планет — Меркурия и Венеры — ближайшей к Земле является Меркурий, а по Копернику — Венера.* Поскольку существует возможность определить расстояние до планет иными способами, *эти следствия доступны опытной проверке.*

Следствия геоцентрической системы, а следовательно и сама система, оказываются противоречащими действительности.

Очевидно, что аналогично обстояло бы дело, если бы мы взяли Марсо-, Юпитероцентрическую систему или какую-либо другую.

Таким образом, выбор системы определяется однозначно. Единственной системой, дающей правильные результаты,

является гелиоцентрическая, и поэтому она должна быть признана единственной *истинной* системой мира.

Надо остановиться еще на одном соображении, выходящем, впрочем, за рамки кинематики.

Нельзя рассматривать настоящее системы в отрыве от ее прошлого. Наоборот, многие особенности настоящего могут быть поняты и объяснены лишь на основе изучения его истории. Способ происхождения системы определяет в этом случае закономерности ее движения.

Современная наука говорит о том, что все планеты имеют одинаковое происхождение.

Так, недавно выдвинутые в нашей стране гипотезы Фесенкова и Шмидта исходят из того, что все планеты образовались одним и тем же способом. По гипотезе Фесенкова, планеты образовались в результате действия внутренних сил Солнца; по гипотезе Шмидта — в результате захвата Солнцем межзвездной материи. Ни одна из этих гипотез не предполагает, что часть планет имеет одно происхождение, а часть — другое.

Из этого следует, что их движения должны быть однотипными. Однако такая однотипность движения получается лишь в гелиоцентрической системе. Как известно, у Птоломея резко различаются движения верхних и нижних планет, т. е. планет, расположенных между Землей и Солнцем и между Землей (или, по Птоломею, Солнцем) и звездами.

Такое различие в видимых с Земли движениях, по Копернику, объясняется просто тем, что Земля не является центром системы, а занимает то положение, которое Птоломеем отводилось Солнцу.

Это соображение также говорит в пользу истинности системы Коперника. Многие законы и утверждения *динамического* характера, признанные в ньютоновской механике и в современной физике, также имеют смысл лишь в гелиоцентрической системе. Они подробно разбирались выше. Выше же было показано, что стремление сформулировать положения теории относительности так, чтобы они имели смысл *во всех* системах координат, т. е. так, чтобы они были общековариантны, несостоятельно *в отношении частных закономерностей, имеющих основное значение в рассматриваемом вопросе*. Таким образом, утверждение, будто бы современная физика «доказала» эквивалентность систем Коперника и Птоломея, не имеет никакого научного основания. Такого рода утверждения отражают лишь реакционные попытки использовать достижения науки в классовых интересах буржуазии.

Как мы видели, «аргументация» сторонников «эквивалентности» систем Коперника и Птоломея целиком основывается на неверных физических утверждениях, противоречащих основам современной науки. Возникает вопрос: как могли столь крупные физики, как Эйнштейн, Борн и другие, впасть в столь грубые ошибки? Причина состоит в ложных философских позициях названных ученых. Вся обстановка, в которой они живут за рубежом, навязывает им реакционную идеологию, в том числе и философию буржуазии с ее отрицанием объективности внешнего мира, агностицизмом и т. д. Сознательно или бессознательно они стараются «подогнать» свои теории под модную философскую концепцию. Но проверенные опытом естественнонаучные знания являются правильным отражением действительности и в качестве такового никак не укладываются в ложные философские схемы Маха и ему подобных. Отсюда — дефекты и противоречия и в самых научных построениях заблуждающихся в философии ученых. *Философские ошибки неизбежно приводят к ошибкам чисто физическим* — таков вывод, с необходимостью вытекающий из всего нашего рассмотрения.

А. В. ШУГАЙЛИН

ОБ ОТКРЫТИИ СВЕТОВОГО ДАВЛЕНИЯ П. Н. ЛЕБЕДЕВЫМ

1899 год — знаменательный год для физики: великим русским физиком-материалистом П. Н. Лебедевым было открыто световое давление на твердые тела. Опыты П. Н. Лебедева, доказавшие существование светового давления, не только заложили незыблемый экспериментальный фундамент дальнейшего развития электромагнитной теории света и теории кометных форм, но и явились отправной точкой для пересмотра таких основных понятий физики, как понятия массы и энергии. До открытия светового давления свету не приписывалось никакой массы. П. Н. Лебедев своими опытами показал, что свет, как и вещество, имеет массу, причем масса у света качественно отлична от массы у вещества. Его опыты показали правомерность распространения на свет понятий, относившихся раньше только к веществу: понятия массы и в связи с этим понятия атомистичности. Эти опыты показали, что нет массы без энергии и нет энергии без материального носителя, обладающего массой.

ОТНОШЕНИЕ ФИЗИКОВ К ВОПРОСУ О СВЕТОВОМ ДАВЛЕНИИ ДО ОТКРЫТИЯ П. Н. ЛЕБЕДЕВА

Проблема существования светового давления на тела занимала П. Н. Лебедева в течение более двадцати лет, начиная с конца 80-х годов прошлого столетия. Он хорошо понимал, что решение этой труднейшей задачи имеет огромное научное значение; осуществлению ее он и посвятил бóльшую часть своей жизни.

Чтобы составить представление о том, насколько трудным было решение этой проблемы, необходимо учесть, что до Лебедева ею безуспешно занимались, начиная с XVIII в., крупнейшие ученые мира. В ряду этих ученых первое место занимает И. Кеплер, который, обрабатывая данные о движении небесных тел, в том числе комет, обратил внимание на тот бесспорный, непосредственно наблюдаемый факт, что при прохождении

комет около Солнца хвосты их отклоняются в противоположном Солнцу направлении. Чем объясняется это явление? Решая этот вопрос, И. Кеплер в 1619 г. высказал догадку, исходя из господствовавшей в то время корпускулярной теории света, что это отклонение хвостов комет от Солнца происходит под воздействием его лучей. Кеплерово объяснение причин отталкивания хвостов комет при прохождении их около Солнца получило в 1622 г. горячую поддержку со стороны астронома Лонгомонтануса. Однако впоследствии И. Ньютон ошибочно утверждал, что никакого отталкивания хвостов комет от Солнца не происходит, а здесь имеет место явление всплывания более легкого вещества кометных хвостов в более плотной атмосфере Солнца, подобно тому как менее плотные газы поднимаются вверх в атмосфере Земли.

То же явление отталкивания хвостов комет от Солнца побудило Л. Эйлера в 1746 г. «... приписать световому лучу давящие силы, и он сделал попытку теоретически обосновать их, рассматривая световую волну (по Гюйгенсу) как продольное колебание»[1].

Великий русский ученый М. В. Ломоносов, борясь против антинаучной, идеалистической теории действия на расстоянии, дальнодействия, приближался к представлению об электромагнитном поле. Он рассматривал эфир — материальную среду — как объект, изменяющийся под воздействием электричества. Продолжателями ломоносовской материалистической линии в развитии науки, в частности учения об электромагнетизме, являются М. Фарадей и К. Максвелл наряду с русскими учеными XIX в. Якоби, Ленцем и др. Влияние идей М. В. Ломоносова на М. Фарадея идет через «Письма о разных физических и философских материях к неизвестной немецкой принцессе», написанных Л. Эйлером в 1760—1762 гг. Работы М. Фарадея были продолжены К. Максвеллом, который развил учение об электромагнетизме и создал электромагнитную теорию света. Исходя из нее и основываясь на не совсем строгих рассуждениях, К. Максвелл пришел к заключению, что во всякой электрически- и магнитнополяризованной среде должна существовать давящая сила p, численно равная количеству находящейся здесь энергии, отнесенной к единице объема, т. е. $p = \frac{E^2}{8\pi} + \frac{H^2}{8\pi}$, и направленная в сторону распространения волны, где E и H — соответственно электрическая и магнитная напряженности поля.

---

[1] П. Н. Лебедев. Избр. соч., стр. 153. М.— Л., 1949.

Но, как указывал ученик П. Н. Лебедева член-корр. АН СССР Т. П. Кравец, недостаточно строгое обоснование Максвеллом существования светового давления вызвало у части физиков резкие возражения против его выводов. Отношение некоторых физиков к идее существования светового давления было настолько отрицательным, что диссертация русского физика А. И. Садовского, в которой он развивал электромагнитную теорию света и впервые указал на существование эффекта вращения кристалла под воздействием света, была встречена неодобрительно и забракована.

Другой русский физик, Д. А. Гольдгаммер, в 1901 г., т. е. уже после опытного открытия светового давления П. Н. Лебедевым, дал строгое теоретическое доказательство существования светового давления в природе, исходя из электромагнитной теории света.

А. Бартоли, исходя из второго начала термодинамики, в 1884 г. теоретически также пришел к выводу о существовании светового давления. Дальнейшее развитие его идей мы имеем у Л. Больцмана, у Б. Б. Голицына и других.

Но эти выводы также оспаривались, так как многие физики считали, что нельзя распространять термодинамику на излучение, которое, по их воззрениям, не есть материя.

Попытки экспериментально доказать существование светового давления до П. Н. Лебедева предпринимались неоднократно, но все они не привели к желаемому результату. Первыми такими попытками являются опыты де-Мейрана и дю-Фея в 1754 г. и Френеля в 1825 г. Предпринятые в последней четверти XIX в. многочисленные опыты А. Бартоли, Риги, Целльнера, Бертэна, Гарба и других, имевшие целью экспериментально доказать существование светового давления, также дали отрицательный результат. К тому же электромагнитная теория света К. Максвелла и более ранняя механическая волновая теория света базировались на представлении наличия в природе эфира — всезаполняющей мировой материальной среды, в которой якобы и распространяются поперечные колебания, т. е. свет. Опыты, поставленные Майкельсоном и Морли в целях обнаружения эфира, дали отрицательный результат. Это привело к тому, что отдельные физики стали выступать с антинаучными утверждениями о существовании движения, не связанного с материей. Многие ученые последней четверти XIX в. не верили в действительное существование светового давления. Они считали, что свет нематериален.

Английский физик Томсон-Кельвин всю жизнь воевал против признания светового давления, считал его несуществую-

щим. Русский физик-идеалист Н. Н. Шиллер, присоединяясь к мнению Томсона-Кельвина, писал 21 сентября 1895 г. А. Г. Столетову: «Не могу симпатизировать увлечению Петра Николаевича (Лебедева.— *А. Ш.*) электрическими молекулами и световым давлением. Эту мысль я развивал ему в пространном письме, не знаю только, насколько вышло убедительно». И далее: «Не могу себе представить, как злой дух вырвал у Максвелла его известное мимолетное замечание о световом давлении». Даже К. Максвелл, высказавший предположение, что свет должен производить давление, «сомневался, чтобы это могло быть доказано путем опыта»[1].

Как видим, теоретические выводы о существовании светового давления не встретили признания. Во взглядах ученых по этому вопросу царил полнейший разброд. Экспериментальные попытки доказать существование светового давления также не привели к желаемому результату. Зная, какое большое значение имеет для физики и астрономии выяснение этого вопроса, П. Н. Лебедев предпринял в этот период свое исследование светового давления.

Работы П. Н. Лебедева по доказательству светового давления увенчались полным успехом. Они привели его к открытию в 1899 г. давления света на твердые тела, а затем, в 1907 г.,— давления света на газы.

ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ П. Н. ЛЕБЕДЕВА, ПРЕДШЕСТВОВАВШИЕ ОТКРЫТИЮ ДАВЛЕНИЯ СВЕТА

В противоположность физикам-идеалистам П. Н. Лебедев основывался на материалистических взглядах и был твердо убежден, что свет — явление материальное. Это убеждение легло в основу всех экспериментальных и теоретических исследований Лебедева в области оптики.

Работы П. Н. Лебедева были стимулированы исследованиями А. Г. Столетова по выяснению электромагнитного характера света, а также опытами Г. Герца по получению электромагнитных волн.

Ход рассуждений П. Н. Лебедева был следующий.

Свет есть электромагнитное явление, поэтому, падая на молекулу, он должен вызывать в ней те же явления, что и в окружающих нас телах; эти действия электромагнитного поля на тела зависят от электропроводности и других свойств тел; отсюда вставала задача изучить электрические свойства молекул, из которых состоят тела. Так у П. Н. Лебедева возникло

[1] Архив МГУ, д. 721, 1912. Речь А. П. Соколова о П. Н. Лебедеве.

сразу несколько тем для исследования. Тема диссертации «Об измерении диэлектрических постоянных паров и о теории диэлектриков Моссотти—Клаузиуса» является первым звеном в ряде исследований, задуманных П. Н. Лебедевым. Все эти исследования должны были подтвердить правильность электромагнитной теории света, выяснить природу сил взаимодействия между молекулами тел и подтвердить догадку Кеплера о причине отклонения хвостов комет в противоположном Солнцу направлении.

В области астрономии работы П. Н. Лебедева помогли выяснить причины отталкивания в хвостах комет. Бессель, Ольберс и наш русский ученый Бредихин считали, что форма кометного хвоста может быть объяснена допущением отталкивательной силы, идущей от Солнца и действующей обратно пропорционально квадрату расстояния от него. Целльнер считал, что отталкивание хвостов комет носит электростатический характер. Однако П. Н. Лебедев отверг гипотезу Целльнера. Он писал: «Гипотеза Целльнера об электризации Солнца и кометных газов, которая появилась только для объяснения наблюдаемого отталкивания и заставляет предполагать какие-то особые, до сих пор неизвестные нам в лаборатории процессы электризации газов, гипотеза эта при указанном выше свойстве световых лучей (оказывать отталкивательное действие.— *А. Ш.*) делается излишней...»[1].

П. Н. Лебедев, открыв давление лучей света на хвосты комет, сумел объяснить их форму при помощи отталкивания.

В одном из своих писем в 1891 г. он писал: «Я, *кажется*, сделал очень важное открытие в теории движения светил, специально комет». И далее: «Найденный закон распространяется на все небесные тела. Сообщил Винеру, сперва он объявил, что я с ума сошел, а на другой день, поняв, в чем дело, очень поздравлял. Сперва я был в сильном нервном напряжении, но теперь, когда закон доказан,— я ничуть не волнуюсь, частью, может быть, оттого — этого я не скрою,— что озадачен, даже ошеломлен его общностью, которую сначала не предусматривал. Выведенный мной закон не есть дело минутного наития: около *двух* лет ношу я его зачатки»[2]. О связи своих работ по световому давлению с вопросами астрономии П. Н. Лебедев писал:

«Здесь я позволю себе обратить внимание также на одно приложение сил Maxwell—Bartoli, сил, существование которых теперь вне сомнения на основании вышеизложенных опы-

---

[1] П. Н. Лебедев. Избр. соч., стр. 86.
[2] Там же, стр. 17—18.

тов; дело касается приложения их в области астрономических вопросов, на что я уже ранее указывал»[1]. На это же обстоятельство он указывает и в своей работе «Опытное исследование светового давления»[2].

Первое выступление П. Н. Лебедева, в котором он говорил о непосредственном приложении теории светового давления в астрономии, состоялось на физическом коллоквиуме профессора Ф. Кольрауша в Страсбурге 30(18) июля 1891 г.

После доклада в тот же день он писал своей матери:

«Сегодняшний день — день очень важный в моей жизни: сегодня я в последний раз говорил в Colloqiume о вопросе, который вот уже три года занимает меня беспрерывно: „О сущности молекулярных сил“. Говорил я с эстетизмом (и говорил хорошо — я это знаю) — я держал как бы покаянную исповедь; „тут было все: амуры, страхи и цветы!“ — и кометные хвосты, и гармония в природе. Два часа битых я говорил и при этом показывал опыты, которые произвели фурор и удались мне так, как редко удаются»[3].

В том же году доклад был опубликован под заголовком «Об отталкивательной силе лучеиспускающих тел». В этой работе П. Н. Лебедев указывал, что световой луч, падая на поглощающее тело, производит на него давление, которое можно выразить формулой $p = \frac{E}{c}$, где E — энергия, переносимая падающими лучами света в единицу времени на поглощающее тело, и c — скорость луча в той среде, в которой находится тело. Далее П. Н. Лебедев говорит, что, поскольку на каждое тело действует как сила притяжения Солнца, так и отталкивающая сила излучения, результирующее действие будет равно разности этих сил. Поэтому тела, в зависимости от соотношения сил притяжения и отталкивани, будут или притягиваться, или отталкиваться. Для всяких двух взаимодействующих тел П. Н. Лебедев получил соотношение $K = 1 - \frac{20}{r\delta R\Delta}$, где K — число, показывающее, во сколько раз сила отталкивания превосходит силу притяжения. Анализируя эту формулу, П. Н. Лебедев пишет: «Отсюда следует, что два шаровидных тела, температура которых около 0°C, плотности которых $\Delta = \delta = 10$ и радиусы $R = r = 4$ мм, в мировом пространстве не притягивают и не отталкивают друг друга. Переходя затем к телам, радиус которых еще меньше, мы видим, что у них сила оттал-

[1] ЖРФХО, 1900, т. 32, вып. 8, стр. 215.
[2] См. П. Н. Лебедев. Избр. соч., стр. 153.
[3] «Научное наследство», т. I, 1948, стр. 564.

кивания значительно превышает силу ньютоновского притяжения: так, пылинки, радиус которых не превышает одной тысячной миллиметра, будут отталкиваться при 0°C в мировом пространстве с силой, порядок которой в миллион раз превышает порядок силы их ньютоновского притяжения»[1].

П. Н. Лебедев указывал, что эта формула для молекул неприменима, потому что размеры их, как и взаимные расстояния в телах, малы сравнительно с длинами световых волн.

После сообщения П. Н. Лебедева «Об отталкивательной силе лучеиспускающих тел» выдающийся русский астроном Ф. А. Бредихин в своей речи «О физических переменах в небесных телах» (1893 г.) обратил внимание на возможность объяснить отталкивание хвостов комет лучами Солнца, т. е. световым давлением.

Таким образом, работой П. Н. Лебедева «Об отталкивательной силе лучеиспускающих тел» был завершен первый этап его поисков решения проблемы существования светового давления.

В 1891—1897 гг., работая сверхштатным лаборантом в Московском университете, П. Н. Лебедев в трудных условиях выполнял свои подготовительные работы по доказательству реальности светового давления. При физической лаборатории надо было организовать хотя бы небольшую мастерскую, в которой можно было изготовлять новую аппаратуру для намеченных им исследований. П. Н. Лебедеву удалось это сделать, несмотря на сопротивление администрации университета. В эти годы он получил самые короткие, из известных в то время, электромагнитные волны, длиной в 3—6 мм. Он исследовал свойства этих волн при прохождении их через призму из серы. Эта работа получила высокую оценку русских и иностранных ученых; итальянский ученый Риги, который использовал приборы П. Н. Лебедева для демонстрации опытов в Болонье, писал ему: «В то же время, как Вы получите это письмо, Вы получите и Ваши маленькие приборы (для получения коротких электромагнитных волн.— *А. Ш.*), которыми я пользовался в Академии Наук в Болонье. Физики, которые принимали участие в заседании, были весьма удивлены этими приборами»[2].

В работе «Экспериментальное исследование пондеромоторного действия волн на резонаторы», законченной в 1897 г., П. Н. Лебедев с очень большой тщательностью изучил электро-

---

[1] П. Н. Лебедев. Избр. соч., стр. 65.
[2] Там же, стр. 22.

магнитные резонаторы, гидродинамические резонаторы (колеблющиеся шарики в жидкости) и акустические резонаторы.

Определяя цель названного исследования, П. Н. Лебедев писал: «Стараясь доказать существование механического (пондеромоторного) действия световых колебаний на отдельные молекулы, я обратился к тому случаю, где условия этого действия представляют наибольшую простоту и доступны непосредственному наблюдению: в таких условиях находится разреженный газ кометных хвостов, пронизываемый лучами Солнца»[1]. После исследования электромагнитных и гидродинамических колебаний П. Н. Лебедев перешел к изучению звуковых колебаний, которые давали возможность исследовать действие на резонатор звучащего источника, находящегося не только вблизи резонатора, но и на значительном от него расстоянии. Здесь обнаружилось одно неожиданное явление, которое П. Н. Лебедев блестяще объяснил. Это явление заключалось в следующем:

«... В то время как в непосредственной близости от источника закон пондеромоторного действия акустической волны на ее резонатор тождественен с соответствующим законом для электромагнитных, а также и для гидродинамических колебаний, при постепенном увеличении расстояния это тождество постепенно стушевывается, и его место занимает новый закон, совершенно отличный от предыдущего: так, при малых расстояниях наблюдается вблизи резонанса, при переходе через него, изменение от максимального притяжения через ноль (при полном резонансе) к максимальному отталкиванию резонатора источником, тогда как при увеличении расстояния от последнего притяжение, понемногу сглаживаясь, наконец, совершенно исчезает, и его место заступает отталкивание (наибольшая величина которого при полном резонансе)»[2]. Далее говорится, что при тщательном рассмотрении этого явления его удалось объяснить. Указывая на отличие закона отталкивания для акустических резонаторов от электромагнитных резонаторов, для которых имелось притяжение, П. Н. Лебедев поясняет: «эта особенность, это отличие от электромагнитных колебаний смущали меня, покуда мне не удалось показать теоретически, на основании особенностей распределения поляризации среды в проходящей волне, что такой случай *должен иметь место* и для электромагнитных волн в том случае, если расстояния

---

[1] Там же, стр. 86.
[2] Там же, стр. 89.

между источником и резонатором будут достаточно велики; в природе подобное явление (в более сложной форме) представляет собой отталкивательное действие солнечных лучей на газовые молекулы кометных хвостов»[1].

В заключении к своей работе П. Н. Лебедев писал: «Полная тождественность в действии пондеромоторных сил, которая экспериментально обнаружена для столь различных колебательных движений, каковы колебания электромагнитные, гидродинамические и акустические, показывает, что те элементарные законы, к которым сводятся наблюденные явления, должны быть независимы от физической природы данных колебаний и воспринимающих их резонаторов... В таком случае пределы приложимости найденных законов должны быть чрезвычайно расширены.

Главный интерес исследования пондеромоторного действия волнообразного движения лежит в принципиальной возможности распространить найденные законы на область светового и теплового испускания отдельных молекул тела и предвычислять получающиеся при этом межмолекулярные силы и их величину»[2].

Однако дальше П. Н. Лебедев указывает, что в то время, когда проводилась данная работа, не было еще достаточно достоверных данных, чтобы составить ясное представление о характере молекулярных сил, а потому можно было лишь наметить предварительные пути решения этой проблемы (заметим, что свое решение она получила позднее — в квантовой механике).

«Покуда невозможно сказать,— писал П. Н. Лебедев,— в каком направлении должны пойти дальнейшие исследования этих вопросов, чтобы достичь окончательного ответа самым коротким путем: нет никаких данных, позволяющих сказать что-либо определенное о свойствах молекул-резонаторов. Некоторые указания на то, где можно искать дороги с надеждой на успех, нам может дать только спектрально-аналитическое изучение процессов излучения»[3].

За работу «Экспериментальное исследование пондеромоторного действия волн на резонаторы» П. Н. Лебедеву в октябре 1899 г. была присуждена степень доктора физики без защиты магистерской диссертации и без сдачи соответствующих экзаменов.

---

[1] П. Н. Лебедев. Избр. соч., стр. 89.
[2] Там же, стр. 149—150.
[3] Там же, стр. 150.

ОТКРЫТИЕ П. Н. ЛЕБЕДЕВЫМ ДАВЛЕНИЯ СВЕТА НА ТВЕРДЫЕ ТЕЛА

По окончании в 1897 г. работы о пондеромоторном воздействии волн на резонаторы П. Н. Лебедев перешел к работам, непосредственно посвященным обнаружению и измерению силы светового давления. При этом ему пришлось преодолеть колоссальные трудности по изучению и исключению возмущающего действия радиометрических сил и конвекционных токов. Он проделал много предварительных опытов, пока, наконец, не достиг успеха.

Световое давление очень трудно наблюдать, так как радиометрические силы и конвекционные токи, обычно сопутствующие опытам по световому давлению, превосходят в десятки тысяч раз силы светового давления. Прибор для наблюдения светового давления был сконструирован П. Н. Лебедевым таким образом. Крылышки прибора были очень маленькими, легкими и тонкими; они присоединялись к кварцевой тонкой нити с прикрепленным к ней зеркальцем. Когда пучок света падал на крылышки, нить закручивалась и поворачивалось зеркальце, которое отражало свет на размеченную шкалу.

Под действием лучей света тонкие и маленькие крылышки быстро нагревались и создавалась разность температур между крылышками и холодными стенками сосуда, в который был заключен прибор; это обусловливало возникновение конвекционных потоков газа, нарушавших равновесие прибора. Кроме того, в это время начинали действовать радиометрические силы. Дело в том, что вследствие поглощения теплоты крылышком, отдача ее газу происходит не одновременно по обеим сторонам крылышка, а потому молекулы двигаются с освещаемой стороны крылышка быстрее, чем с теневой, а это создает преимущественное давление газа с освещенной стороны.

В своих опытах П. Н. Лебедев уменьшал конвекционные токи и радиометрические силы выкачиванием воздуха из баллона, в котором помещался прибор для исследования светового давления. П. Н. Лебедев установил, что радиометрический эффект тем меньше, чем тоньше крылышки и чем лучше они проводят тепло. Поэтому он сделал крылышки металлическими, посеребренными с одной стороны, а с другой — зачерненными.

Вспоминая этот период своей работы, П. Н. Лебедев писал: «Прежде, нежели найти окончательную форму измерений, я в течение нескольких лет подготовлял их, изучая лабораторными опытами сложный комплекс явлений, который носит

общее название „радиометрических“ (кинетической теории этих явлений нет и до настоящего времени)»[1]. Далее: «Теперь, спустя много лет после того, как прямой путь исследования уже найден, вся эта длинная, кропотливая, предварительная работа кажется лишней, но я думаю, что без основательного знания тех не всегда легко объяснимых радиометрических явлений, с которыми пришлось познакомиться, я не пошел бы по тому прямому пути, по которому шел в окончательных опытах»[2].

Уже предварительные опыты П. Н. Лебедева по обнаружению светового давления дали положительный результат. Первое сообщение об этих опытах было сделано П. Н. Лебедевым 17 мая 1899 г. на заседании Société vaudoise в Лозанне. Приводим реферат сообщения П. Н. Лебедева о предварительных опытах по экспериментальному обнаружению светового давления в природе:

«Господин П. Лебедев, преподаватель физики Московского университета, хочет сделать сообщение обществу о результатах своих первых исследований *давления света.*

Существование давления, производимого пучком световых лучей на поглощающую или отражающую поверхность, является следствием электромагнитной теории света, высказанной Максвеллом. Величина этого давления, согласно теории, очень мала, 0,3 мг на квадратный метр черной поверхности. Г. Лебедеву удалось изобрести прибор для его (т. е. светового давления.— *А. Ш.*) измерения, и результаты первых исследований подтвердили предположения теории. Г. Лебедев затем показал важные последствия, вытекающие из этого давления, для объяснения тех деформаций, которые претерпевают кометы в своем движении в пространстве (смотреть заметку г. Лебедева)»[3].

Но заметка П. Н. Лебедева по этому вопросу не появилась по неизвестным причинам. Сам он отмечал впоследствии, что случайные обстоятельства помешали своевременному появлению обстоятельной заметки и она осталась ненапечатанной.

Это сообщение П. Н. Лебедева показывает, что он сделал открытие светового давления уже в 1899 г., а не в 1900 г., как считали до сих пор.

Продолжая свои работы по изучению сил светового давления, П. Н. Лебедев использовал различные методы экспериментальных исследований, переходя от менее совершенного

---

[1] П. Н. Лебедев. Соч., 1913, стр. 391—392.

[2] Там же, стр. 392.

[3] См. «Archives des sciences physiques et naturelles», Т. 8, Génève, 899, p. 184.

к более совершенному. При производстве опытов П. Н. Лебедев ставил перед собой задачу решить два основных вопроса:

«1) производят ли лучи света какое-либо пондеромоторное действие, независимое от известных уже вторичных (конвекционных и радиометрических) сил, и

2) соответствуют ли эти новые силы света максвелло-бартолиевым силам давления лучистой энергии»[1].

Отвечая на эти вопросы, П. Н. Лебедев говорил в августе 1900 г. на Интернациональном конгрессе физиков в Париже:

«Опыты показывают, что помимо конвекционных и радиометрических сил существуют еще *силы давления*, которые производит *пучок падающего света* на крылышки, и что эти силы (почти в два раза) больше для отражающих крылышек, чем для поглощающих»[2].

«Результаты измерений, мною сделанных, можно формулировать таким образом: опыты показывают, что пучок света, падая на отражающие или поглощающие плоские поверхности, производит на них давление, которое в пределах погрешности наблюдений *равно* световому давлению по *Maxwell — Bartoli*»[3].

В этом же сообщении П. Н. Лебедев говорил, что давление, производимое отвесно падающим светом, будет: $p = \frac{E}{c}(1 + \rho)$, где E — энергия падающего света, c — его скорость и ρ — коэффициент отражения, причем ρ заключено между нулем в случае абсолютно поглощающей поверхности и единицей в случае абсолютно отражающей поверхности. «Это давление весьма мало. Как Maxwell, так и Bartoli вычислили, что пучок солнечных лучей, падая отвесно на поверхность в 1 qm, производит давление, которое для поглощающей черной поверхности равно 0,4 Milligrm, а для отражающей зеркальной 0,8 Milligrm»[4].

Нужно было величайшее мастерство, чтобы обнаружить и измерить эти очень малые силы.

Работы по исследованию светового давления, проведенные П. Н. Лебедевым в 1900—1901 гг., после его сообщения на Парижском конгрессе, подтвердили его предыдущие выводы о существовании светового давления, производимого на твердые тела. В статье, опубликованной в 1901 г., П. Н. Лебедев указывает:

«1) Падающий пучок света производит давление как на поглощающие, так и на отражающие поверхности; эти пондеро-

---

[1] П. Н. Лебедев. Избр. соч., стр. 166.
[2] ЖРФХО, 1900, т. 32, вып. 8, стр. 215.
[3] Там же.
[4] Там же, стр. 212.

моторные силы не связаны с уже известными вторичными конвекционными и радиометрическими силами, вызываемыми нагреванием.

2) Силы давления света прямо пропорциональны энергии падающего луча и не зависят от цвета.

3) Наблюденные силы давления света, в пределах погрешностей наблюдений, количественно равны максвелло-бартолиевым силам давления лучистой энергии.

Таким образом существование максвелло-бартолиевых сил давления опытным путем установлено для лучей света»[1].

Сообщение о найденном П. Н. Лебедевым доказательстве реальности светового давления на твердые тела нашло широкий отклик в научном мире. П. Н. Лебедев получил много писем от иностранных и русских ученых, поздравлявших его с огромным научным успехом. Так, например, физик Ф. Пашен писал П. Н. Лебедеву 10 декабря 1900 г.:

«Ваша любезно мне присланная работа о „Световом давлении" дает мне повод послать Вам сердечные и лучшие пожелания. Я считаю Ваш результат одним из важнейших достижений физики за последние годы и не знаю, чем восхищаться больше — Вашим экспериментальным искусством и мастерством или выводами Максвелла и Бартоли. Я оцениваю трудности Ваших опытов тем более, что я сам несколько времени тому назад задался целью доказать световое давление и проделывал подобные же опыты, которые, однако, не дали положительного результата, потому что я не сумел исключить радиометрических действий. Ваш искусный прием, заключающийся в том, чтобы бросать свет на металлические диски, является ключом к разрешению вопроса»[2].

Через год, 28 декабря 1901 г., В. Крукс, открывший радиометрические силы, писал П. Н. Лебедеву:

«Вы действительно достигли успеха, открывши и измеривши весьма малые силы, происходящие от прямого действия света, когда эти силы в такой мере маскированы и осложнены гораздо бóльшими радиометрическими действиями»[3].

Вспоминая это время, великий русский ученый К. А. Тимирязев, друг П. Н. Лебедева, говорил: «При последней встрече с недавно умершим лордом Кельвином я слышал от него следующий отзыв: „Вы знаете, я постоянно спорил с Максуэлем,

---

[1] П. Н. Лебедев. Избр. соч., стр. 179—180.
[2] «Научное наследство», т. 1, стр. 569.
[3] Там же, стр. 580.

но ваш москвич Лебедев заставил и меня поверить в максуэлевское световое давление“»[1].

За свои опыты по световому давлению П. Н. Лебедев получил в 1904 г. премию Академии Наук.

Работа по изучению светового давления на твердые тела доставила П. Н. Лебедеву мировую славу. Имя его навеки вписано в историю науки.

ОТКРЫТИЕ П. Н. ЛЕБЕДЕВЫМ ДАВЛЕНИЯ СВЕТА НА ГАЗЫ

В результате рассмотренной выше работы был закончен весьма важный цикл исследований по доказательству давления света на обычные тела. Было экспериментально доказано, что свет давит на твердые тела. Но для выполнения всей задачи надо было еще доказать, что свет давит и на газы. Решению этой задачи П. Н. Лебедев посвятил следующее десятилетие. При выполнении этих работ также встретились чрезвычайно большие трудности, так как коэффициенты поглощения и строение молекул, из которых состоят разреженные газы кометных хвостов, не были известны. Не было ясно, как перейти от давления света на твердое тело к изучению давления света на отдельные изолированные молекулы. Теоретическая неясность усугубляла трудности экспериментального решения этой задачи.

А. П. Соколов указывал, что измерение давления света на газы требует чувствительности приборов, во сто раз большей, чем в аналогичном случае для твердых тел.

А. П. Соколов говорил: «Важность затронутого П. Н. Лебедевым вопроса усиливалась тем, что, по предположению Лебедева, хвосты комет испытывают влияние светового давления, исходящего от Солнца, тогда как Зоммерфельд доказывал, что газы испытывать светового давления не могут, и этот взгляд разделялся и Аррениусом»[2]. Не боясь трудностей, П. Н. Лебедев начал осуществлять последнюю часть своей работы, казавшуюся для других совершенно невыполнимой. Ученик П. Н. Лебедева П. П. Лазарев говорил впоследствии, что невозможно перечислить все те варианты опытов, которые были проведены, чтобы открыть искомое явление: «...Достаточно сказать, что окончательных приборов,— приборов, с которыми были сделаны измерения,— было построено до двадцати. Много раз казалось, что исследование дает вполне отрицательный результат, что нельзя устранить побочных пертурбирующих сил,

---

[1] К. А. Тимирязев. Соч., т. VIII, стр. 155.
[2] Архив МГУ, д. 721, 1912. Речь А. П. Соколова.

что наблюдать явление невозможно, и всякий раз Лебедев находил зацепку, которая позволяла ему сделать новый вариант опыта, чтобы иметь возможность до конца довести все то, что было им блестяще задумано»[1]. Все астрономы ждали решения этой проблемы с нетерпением; Вольф говорил Лебедеву, что «глаза всех астрономов обращены на него, что только от него ждут они разрешения интересующей их задачи»[2].

Несмотря на все трудности, задуманная П. Н. Лебедевым работа была выполнена. С сообщением об окончательных результатах своей работы он выступил 4 января 1910 г. на съезде естествоиспытателей и врачей в Москве. Эта работа под заголовком «Опытное исследование давления света на газы» была напечатана в том же году.

Метод исследования состоял в том, чтобы обнаружить движение поршня, на который давит избирательно поглощающий световые лучи газ. Тогда можно было бы написать соотношение $p = \frac{\alpha E}{c}$, где α — коэффициент абсорбции слоя газа для лучей света, E — поглощаемое газом количество энергии, переносимой лучами света, падающими на слой газа в течение 1 сек., c — скорость распространения света. П. Н. Лебедев указывал, что с оптической стороны задача сводилась к тому, чтобы найти те силы давления, которые свет производит на однородную плоскопараллельную пластинку, частично поглощающую лучи, но не отражающую их в заметной степени. Результаты своего исследования П. Н. Лебедев формулирует так:

«1) *Существование давления света на газы установлено опытным путем.*

2) *Величины этого давления прямо пропорциональны энергии пучка света и коэффициенту поглощения газа.*

3) *В пределах ошибок наблюдений и вычислений соотношение, указанное Фитцджеральдом, количественно удовлетворяет наблюдениям.*

Таким образом, гипотеза о давлении света на газы, триста лет тому назад высказанная Кеплером, получила в настоящее время как теоретическое, так и экспериментальное обоснование»[3].

Успешное окончание работы по доказательству светового давления на газы было новым триумфом П. Н. Лебедева. Крупнейшие ученые мира прислали ему поздравительные письма, выражавшие восхищение его гением. Шварцшильд в письме

[1] П. Н. Лебедев. Избр. соч., стр. 25.
[2] К. А. Тимирязев. Соч., т. VIII, 1939, стр. 62.
[3] П. Н. Лебедев. Избр. соч., стр. 224.

к Лебедеву 9 февраля 1910 г. писал: «Я хорошо помню, с каким сомнением я услышал в 1902 г. о вашем предположении измерить давление света на газ, и я преисполнен тем бо́льшим удивлением, когда я прочел, как вы устранили все препятствия»[1].

ЗНАЧЕНИЕ ОТКРЫТИЙ П. Н. ЛЕБЕДЕВА ДЛЯ АСТРОНОМИИ

Исключительно большое значение открытия светового давления для объяснения космических процессов было показано П. Н. Лебедевым в незаконченной им работе «Давление света». После его смерти эта статья была опубликована с добавлениями П. П. Лазарева в сборнике «Новые идеи в физике». Оценивая открытие светового давления с точки зрения астрофизики, академик С. И. Вавилов пишет:

«В современной астрофизике громадная роль светового давления как космического фактора, наряду с ньютоновским притяжением, становится очевидной. Впервые физически обоснованное указание на это было сделано П. Н. Лебедевым»[2].

Доказательством существования давления света на газы П. Н. Лебедев заложил прочную теоретическую и экспериментальную основу для дальнейшего развития теории кометных хвостов, которую создал русский ученый Ф. А. Бредихин и дальше развили советские ученые.

П. Н. Лебедев писал, что Бредихин на основании исследования хвостов 50 комет, сравнивая силы отталкивания с силами притяжения, разделил кометные хвосты на три типа.

Соотношение указанных сил при каждом из этих трех типов оказалось различным. Если приравнять силу притяжения к единице, то сила отталкивания может быть выражена следующими цифрами:

в хвостах	I	типа . . .	18
» »	II	» . . .	2,2—0,5
» »	III	» . . .	0,3—0

На основании изучения спектров хвостов комет П. Н. Лебедев пришел к заключению, что в них находятся как мелкие частички, отражающие падающий на них свет Солнца в виде слабого непрерывного спектра, так и материя в газообразном состоянии, флюоресцирующая под влиянием солнечных лучей и дающая ярко выраженные спектры углеводородов, натрия

[1] П. Н. Лебедев. Избр. соч., стр. 26.

[2] Люди русской науки. Очерки о выдающихся деятелях естествознания и техники, т. I, 1948, стр. 243.

и т. д. «В приложении теории светового давления к объяснению форм кометных хвостов задача сводится, таким образом, к определению отношения величины светового давления, которое производят лучи *Солнца* на малые тела и отдельные газовые молекулы, к величине той гравитационной силы, с которой *Солнце* притягивает их»[1].

Дальше он указывал, что «если голова кометы состоит из агломерата мелких метеоритов, то при прохождении мимо Солнца она будет деформироваться, несколько вытягиваясь в направлении своего движения»[2].

В заключение П. Н. Лебедев выражает уверенность, что задача объяснения формы кометных хвостов близка к своему окончательному решению, так как «те теоретические и экспериментальные исследования, которые были сделаны до сих пор, дают достаточную уверенность, что путь к решению ее найден»[3].

Идею Лебедева и его экспериментальное доказательство светового давления на все тела широко использовали в космогонии, как уже отмечалось выше, Ф. А. Бредихин и Сванте Аррениус, а также советские ученые В. А. Амбарцумян, В. Г. Фесенков, О. Ю. Шмидт, Г. А. Шайн, Э. Р. Мустель, А. Б. Северный, С. В. Орлов, В. В. Соболев и другие.

В предисловии к своей книге «Образование миров» Аррениус писал: «Когда я ...был занят обработкой своего „Учебника Космической Физики“, я не мог не чувствовать, как трудно с точки зрения господствующих теперь взглядов объяснить многие явления, особенно те, которые находятся в связи с вопросами космогоническими. Но я понял, что давление световых лучей, которое до сих пор оставалось незамеченным, может быть с успехом применено для уяснения значительной части тех явлений, которые раньше с трудом поддавались объяснению. Поэтому я применил эту, ранее пренебрегавщуюся силу природы в своем учебнике в широком масштабе для объяснения названных явлений»[4]. Аррениус указывал, что астрономы не обратили внимания на световое давление как фактор в эволюции космоса, и только П. Н. Лебедев в 1892 г. «стремился применить его в своем труде о хвостах комет»[5].

Доказав реальное существование светового давления и измерив его величину, П. Н. Лебедев дал возможность изучать ряд важнейших явлений космоса в процессе развития.

---

[1] П. Н. Лебедев. Соч., 1913, стр. 403.
[2] Там же, стр. 405.
[3] П. Н. Лебедев. Соч., стр. 408.
[4] Сванте Аррениус. Образование миров. Одесса, 1908, стр. I.
[5] Там же, стр. 82.

Русский физик-материалист Д. А. Гольдгаммер, оценивая значение светового давления для космогонии, указывал, что оно «обещает нам дать объяснение целому ряду таинственных до сих пор для нас явлений звездного мира»[1]. Оно дает возможность объяснить вечный круговорот вещества. «Материя, энергия, жизнь — меняют лишь время и место, но всегда были и будут, ибо нет им ни конца, ни начала»[2].

Д. А. Гольдгаммер указывал на то, что излучение опровергает антинаучные, идеалистические утверждения о «тепловой смерти Вселенной». Критикуя теорию тепловой смерти Вселенной, Энгельс исходил из закона сохранения и превращения энергии; Энгельс пришел к выводу, что движение неуничтожимо не только количественно, но и качественно в смысле сохранения самих форм движения. Энгельс поставил перед естественниками задачу — выяснить, как может «рассеянная» теплота снова быть использованной.

Световое давление, открытое П. Н. Лебедевым, играющее большую роль в космических процессах, было серьезным шагом в решении этой, поставленной Энгельсом задачи.

Кроме указанного факта образования хвостов комет под воздействием лучей Солнца, световое давление является одним из существенных факторов в динамике космических процессов, где оно достигает больших величин.

Теория светового давления, развитая дальше советскими учеными, нашла широкое применение в современной астрофизике и космогонии. При помощи давления радиации объясняются явления выброса вещества из Солнца и звезд, явления расширения и сброса газовых оболочек новыми и сверхновыми звездами. При построении теорий протуберанцев, короны, солнечных пятен, хромосферы и вообще при создании теорий звездных атмосфер, внутреннего строения звезд и туманностей световое давление учитывается также как один из важных факторов. Современные космогонисты и астрофизики признают, что «все сколько-нибудь серьезные современные теории считают, что сила, противодействующая тяготению, связана с лучевым давлением»[3].

Космогоническая теория образования солнечной системы, развиваемая академиком О. Ю. Шмидтом и его школой, учитывает наличие в природе светового давления. О. Ю. Шмидт

---

[1] Д. А. Гольдгаммер. Механические процессы. М., 1924, стр. 173.

[2] Там же, стр. 174.

[3] М. Вальдмайер. Результаты и проблемы исследования Солнца. Изд-во иностр. лит-ры, 1950, стр. 201.

считает, что планеты образовались из пылевого, дымового и газового облаков. Отдельные частички в этих облаках под воздействием различных причин могут слипаться, укрупняться. Под влиянием одновременного действия сил притяжения и светового отталкивания происходит радиативное торможение, и частички по спирали падают на более крупные излучающие образования. В теории О. Ю. Шмидта была решена проблема захвата небесных тел; такой захват может осуществиться при наличии трех небесных тел. Развивая дальше эту теорию, О. Ю. Шмидт и его ученики показали, что для захвата частиц из пылевого или дымового облаков, при учете светового давления, не нужно даже и трех тел, а достаточно только двух: частицы и более крупного излучающего образования. Излучение, поглощаемое темной межзвездной материей, может привести к образованию новых, более крупных материальных образований — звезд, как показывают наблюдения советского астронома В. А. Амбарцумяна и других.

Энгельс писал, что «процесс существования какой-нибудь солнечной системы представляется в виде взаимодействия притяжения и отталкивания, в котором притяжение получает постепенно все больший и больший перевес благодаря тому, что отталкивание излучается в форме теплоты в мировое пространство...»[1].

Задолго до открытия П. Н. Лебедева Энгельс указывал, что наблюдаемая форма хвостов комет зависит от отталкивательной силы. «...В газе — отталкивание молекул, еще значительнее — в более тонко распыленной материи, например в кометных хвостах, где оно действует даже с колоссальной силой»[2].

Открытие П. Н. Лебедева явилось доказательством гениальных предвидений Энгельса.

ЗНАЧЕНИЕ ОТКРЫТИЙ П. Н. ЛЕБЕДЕВА ДЛЯ ФИЗИКИ

Открытие светового давления представляет огромный интерес не только для астрономии, но и для современной физики.

Академик С. И. Вавилов, выступая на юбилее, посвященном десятилетию со дня смерти своего учителя П. Н. Лебедева, с оценкой значения его открытия, говорил: «...Факт, открытый *Лебедевым*,— световое давление, получил огромное значение, в некоторых случаях совершенно эквивалентное значению первого и второго начал термодинамики. Не следует забывать, что оба начала по существу суть опытные факты — невозможность

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1950, стр. 48.
[2] Там же, стр. 194.

осуществления в природе mobili-perpetui. Таким же основным фактом-принципом послужило световое давление для термодинамики лучистой энергии»[1].

Из формулы П. Н. Лебедева для вычисления давления света $p = \frac{E}{c}$ непосредственно вытекает для случая излучения соотношение единства и неразрывности массы и энергии. В самом деле, свет, падая на твердые, жидкие и газообразные тела, оказывает давление на них, причем величина давления, как доказал П. Н. Лебедев, для абсолютно черного тела, т. е. поглощающего все лучи, равна энергии света, поглощаемой в секунду и деленной на скорость света. С другой стороны, как отметил С. И. Вавилов, всякое давление численно равно произведению массы давящего тела и изменению его скорости в процессе давления. Но так как свет поглощается абсолютно черным телом, то скорость его становится равной нулю, а это значит, что скорость изменяется на его полную величину. Поэтому мы должны составить следующие равенства. Из механики следует, что давление $p = mc - m \cdot o = mc$; но с другой стороны, как установлено П. Н. Лебедевым: $p = \frac{E}{c}$. Приравнивая правые части этих равенств, получаем: $\frac{E}{c} = mc$, откуда следует, что $E = mc^2$. Как известно, это соотношение имеет огромное значение в современной физике вообще и, в частности, для атомной физики в расчетах по получению внутриядерной энергии.

Академик С. И. Вавилов, говоря о значении открытия светового давления, указывал: «Из опытов П. Н. Лебедева вытекала вполне определенная и удивительная связь между энергией света и его массой»[2].

В своем докладе в 1922 г. С. И. Вавилов говорил, что раньше свет рассматривали как лучистую энергию, не приписывали ему массы, но открытие светового давления вынудило признать наличие массы, как одного из физических признаков материальности тел и у света. Мы привыкли в объектах природы, писал С. И. Вавилов, предполагать наличие совершенно отдельных «массы» и «энергии»; в световом потоке мы встречаемся с объектом, в котором приходится говорить о массе и энергии в их неразрывности, в их единстве. Таким образом, световое давление, доказанное П. Н. Лебедевым, вынуждало к пересмотру понятий массы и энергии, считавшихся до этого общепринятыми.

---

[1] «Успехи физ. наук», 1923, т. III, вып. 2—3, стр. 192—193.
[2] С. И. Вавилов. «Правда», 5 января 1949 г.

Опыты П. Н. Лебедева показали правомерность распространения такого понятия, как масса, ранее приписываемого только веществу, и на свет, который в XIX в. в физике считался только колебанием эфира. Этим самым впервые был переброшен мост и установлена связь между веществом и светом. Физика XIX в., как известно, признавала атомистичность строения вещества, его прерывистость. Перебрасывая мост от вещества к свету, П. Н. Лебедев тем самым подготовлял распространение идеи об атомистичности света. Можно сказать, что установление неразрывной связи между веществом и светом, являющихся качественно разными видами материи, было положено открытиями П. Н. Лебедева. И, наоборот, распространение на вещество представлений непрерывности, раньше связывавшихся только со светом, было завершено в современной квантовой, или волновой, механике в 20-х годах нашего столетия.

ФИЛОСОФСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ОТКРЫТИЯ П. Н. ЛЕБЕДЕВА

Опыты П. Н. Лебедева по световому давлению являются одним из естественно-научных подтверждений положения диалектического материализма о единстве прерывности и непрерывности в строении и свойствах материи.

Открытие светового давления П. Н. Лебедевым разрушает метафизическое и идеалистическое представление о раздельном существовании материи и движения и служит одним из естественно-научных подтверждений положения диалектического материализма о неразрывности материи и движения. Создатели идеалистической энергетики В. Оствальд и его иностранные и русские последователи (среди них А. Богданов, Н. Шишкин, А. Бачинский, А. Щукарев и др.) считали, что существует чистая энергия без всякого материального носителя.

Разоблачая идеалистическую основу энергетики Оствальда, пытавшегося оторвать движение от материи, В. И. Ленин писал: «Использование философским идеализмом новой физики или идеалистические выводы из нее вызываются не тем, что открываются новые виды вещества и силы, материи и движения, а тем, что делается попытка мыслить движение без материи»[1].

В. И. Ленин неоднократно подчеркивал, что в природе нет ни движения без материи, ни материи без движения.

Русский физик-идеалист Шишкин, сбившийся на позиции идеализма при истолковании сущности света, утверждал, что

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 253.

«свет может быть рассматриваем как вещество, как движение..., как электричество..., как ощущение...». В. И. Ленин пишет: «Ни вещества без движения, ни движения без вещества в природе нет. Первое „противопоставление". Шишкина бессмысленно...»[1].

Таким образом, В. И. Ленин разоблачил ухищрения идеалистов мыслить движение без материи. К чести передовых русских ученых конца XIX и начала XX в. Д. И. Менделеева, А. Г. Столетова, Д. А. Гольдгаммера и других относится то, что они активно выступили против идеалистической энергетики Оствальда.

П. Н. Лебедев своими опытами неопровержимо доказал материальность света, неразрывность материи и движения и материальность электромагнитного поля. Своими открытиями он подтвердил для этой области науки положение философского материализма, гласящего, что так называемые силы природы в своей основе едины и что единство мира состоит в его материальности. Тем самым он нанес сокрушительный удар по идеалистическим измышлениям Оствальда, Маха, Дюгема и прочих «физических» идеалистов.

Работы П. Н. Лебедева бьют и по современным энергетикам, пытающимся мыслить движение без материи. В буржуазных странах в связи с открытием взаимопревращения вещества и света (пары позитрон и электрон и гамма-фотонов), а также получением атомной энергии возродилась идеалистическая энергетика. Фокус идеалистов-физиков состоит в данном случае в том, что они объявляют свет и вообще излучение только энергией, противопоставляя его материи. В действительности с момента открытия светового давления и доказательства наличия у света массы противопоставление света материи лишено всякого основания. Опыты П. Н. Лебедева доказали, что свет (вообще излучение) не есть чистая лучистая энергия, не есть одно движение, а так же, как и вещество, качественно особая форма материи.

Академик С. И. Вавилов в статье «Диалектика световых явлений» в 1934 г. писал, имея в виду опыты П. Н. Лебедева: «С этого момента... свет с полным основанием стал для физика одной из форм движущейся материи, и противопоставление света и материи навсегда исчезло в этом синтезе»[2].

Несмотря на то, что П. Н. Лебедев своими опытами по световому давлению доказал неразрывность материи и движения, показал неразрывность массы и энергии, до сих пор в иностран-

---

[1] Там же, стр. 288.

[2] «Под знаменем марксизма», № 4, 1934, стр. 70.

ной, а подчас и в нашей литературе можно встретить антинаучные, идеалистические утверждения о переходе материи в энергию, о превращении вещества в энергию или массы в энергию.

Такую ложную, антинаучную точку зрения защищают иностранные ученые Девис, Дарроу и другие. Их поддерживают Б. А. Воронцов-Вельяминов, М. Е. Жаботинский, Д. А. Франк-Каменецкий, А. Ф. Капустинский и другие [1].

Некоторые физики отождествляют массу и энергию. Они толкуют соотношение $E = mc^2$ неправильно. Это соотношение говорит о том, что нет массы без энергии и нет энергии без материального носителя, обладающего массой. Однако в иностранной литературе, с легкой руки А. Эйнштейна [2], установилось неправильное мнение, будто масса и энергия тождественны.

Против подобных неверных утверждений о превращении материи в энергию или превращении массы в энергию выступил самым решительным образом ряд советских ученых. Однако эти ошибочные, путаные взгляды до сих пор еще высказываются в нашей литературе.

ОТКРЫТИЕ СВЕТОВОГО ДАВЛЕНИЯ П. Н. ЛЕБЕДЕВЫМ — ТРИУМФ РУССКОЙ НАУКИ

Приоритет в открытии светового давления, бесспорно, принадлежит П. Н. Лебедеву. Но славу этого великого открытия пытались присвоить себе американцы Э. Ф. Никольс и Дж. Ф. Гулль, которые утверждали, будто они тоже открыли световое давление в 1901 г. независимо от П. Н. Лебедева.

В письме к П. Н. Лебедеву Никольс торопится сообщить, что он совместно с Гуллем пришел к тем же выводам, что и П. Н. Лебедев, и утверждает, что они не знали его ранее опубликованных работ. По этому поводу в письме Н. П. Кастерину П. Н. Лебедев иронически пишет: «Сегодня получил длинное письмо от Nichols'a, где он утверждает, что ничего не знал о моих работах раньше: это у них в Америке бывает!» [3].

Впоследствии, в своей упоминавшейся выше сводной работе о световом давлении, оставшейся неоконченной, П. Н. Лебедев

[1] См. Б. А. Воронцов-Вельяминов. Вселенная. 1947, стр. 441; Статья Жаботинского, сб. «Наука и жизнь», 1949, стр. 43; Д. А. Франк-Каменецкий. Энергия в природе и технике. М., 1948, стр. 57, 59—63; Статья А. Ф. Капустинского в сб. «Современные проблемы науки и техники». М., 1949, стр. 50.

[2] См. сб. «Принцип относительности». ОНТИ, 1935, стр. 284; А. Эйнштейн. Основы теории относительности. 1934, стр. 41; А. Эйнштейн и Л. Инфельд. Эволюция физики. 1948, стр. 224.

[3] «Научное наследство», т. I, стр. 587.

показал, что работа Никольса и Гулля не может рассматриваться как доказательство открытия ими светового давления. Вопрос о приоритете открытия светового давления имеет исключительно большое значение. Борьба П. Н. Лебедева за приоритет этого открытия носила не личный, а общественный характер, ибо речь шла о том, чтобы доказать, что открытие светового давления принадлежит русской науке и является ее великим достижением.

Анализируя опыты Никольса и Гулля, П. Н. Лебедев указывал, что американцы пользовались приборами со стеклянными крылышками, п серебренными с одной стороны, на которые направляли свет то с одной стороны, то с другой. «Радиометрический эффект, даваемый таким крылышком, был очень значителен,— писал П. Н. Лебедев,— так как то тепло, которое поглощалось в серебряной пленке, отдавалось с одной стороны непосредственно окружающему газу, а с другой — через значительную толщу стекла, которое плохо проводит тепло; такое крылышко даже при предельно больших разрежениях дает резко выраженные радиометрические явления и для исследования светового давления непригодно»[1].

Ф. Пашен в письмах к П. Н. Лебедеву подчеркивал преимущества металлических крылышек перед всеми другими. Так, например, в письме от 18 ноября 1901 г. Ф. Пашен писал: «Я предпринимал в 1896 г. некоторые опыты, но не достиг того, чтобы наблюдать силы собственно светового давления отдельно от радиометрических и не видел средства разрешить вопрос,— настолько велики еще были посторонние действия радиометрических сил. В моих приборах отсутствовало важнейшее — металлические крылышки»[2].

Кроме того, П. Н. Лебедев указывал, что Никольс и Гулль пользовались гипотезой, не проверенной экспериментально и не обоснованной теоретически: «...при тех кратковременных освещениях, которыми они пользовались, имеет место то же равновесие радиометрических эффектов, которое наблюдается при стационарном освещении»[3].

Вследствие этих обстоятельств П. Н. Лебедев приходит к выводу, что работа Никольса и Гулля не обоснована и не может рассматриваться как доказательство ими светового давления, а фактически говорит о совершенно другом.

«...Было бы правильнее,— писал П. Н. Лебедев— воспользоваться работой Никольса и Гулля для обратного

[1] П. Н. Лебедев. Соч., стр. 395.
[2] «Научное наследство», т. I, стр. 570.
[3] П. Н. Лебедев. Соч., стр. 395.

заключения, а именно, допуская существование светового давления, утверждать, что открытый Круксом любопытный переход радиометрических явлений через нуль при определенных давлениях не зависит от продолжительности освещения»[1].

Несмотря на это, в иностранной и нашей отечественной литературе можно встретить путаницу в ссылках на год открытия светового давления П. Н. Лебедевым, а также попытки приписать славу этого открытия, наряду с П. Н. Лебедевым, американцам Никольсу и Гуллю и англичанину Дж. Пойнтингу. Утверждения американского физика Р. Вуда[2] и К. Шефера[3], неправильно приписывающих славу открытия светового давления Никольсу и Гуллю, не выдерживают критики. В работе Р. Вуда об опытах П. Н. Лебедева сказано буквально несколько строк, тогда как описанию опытов Никольса и Гулля посвящено около двух страниц. Несмотря на это, в изданном у нас в 1936 г. переводе книги Р. Вуда ни редактор, ни переводчик соответствующей главы М. М. Гуревич не протестовали против искажения исторической правды. Подобного же рода неверные утверждения встречаются и в посвященных П. Н. Лебедеву статьях некоторых советских авторов. Так, например, в статье «Световое давление» в «Большой советской энциклопедии»[4] и в статье Ф. Барышанской «Давление излучения» в «Физическом словаре»[5] неверно указан год открытия светового давления П. Н. Лебедевым и слава этого открытия неправильно приписывается Никольсу и Гуллю.

Кроме уже отмеченных работ, неверные ссылки на год открытия светового давления П. Н. Лебедевым имелись в ряде изданий[6].

Нельзя согласиться с мнением проф. А. К. Тимирязева, что Никольс и Гулль подтвердили результаты работ П.Н.Лебедева по световому давлению, «хотя они работали совершенно иным способом»[7]; выше показано, что работы Никольса и Гулля вообще отвечали совершенно на другой вопрос и к доказательству светового давления не имели прямого отношения.

---

[1] П. Н. Лебедев. Соч., стр. 396.

[2] См. Р. Вуд. Физическая оптика. 1936, стр. 821.

[3] См. К. Шефер. Теоретическая физика. 1937, т. III, ч. 2, стр. 58.

[4] БСЭ, т. 50, стр. 474.

[5] См. Физический словарь, т. II, 1937, стр. 19.

[6] См. Г. С. Ландсберг. Оптика. 1940, стр. 428; С. М. Рытов. Курс физики. Под ред. Н. Д. Папалекси. 1947, т. II, стр. 307; Д. А. Гольдгаммер. Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона, 1904, полутом 80, стр. 527; Д. А. Гольдгаммер. Механические процессы. 1924, стр. 173.

[7] «Очерки по истории физики в России». Учпедгиз, 1949, стр. 151.

Знаток опытов по световому давлению Герлах, повторивший опыты П. Н. Лебедева в 1923 г. с новыми экспериментальными средствами, пришел к той же оценке опытов Никольса и Гулля, что и П. Н. Лебедев.

Можно считать установленным, что Петр Николаевич Лебедев — первый и единственный физик, открывший световое давление.

С опытов П. Н. Лебедева по световому давлению начинается поворотная веха в развитии физической науки. Его опыты знаменуют начало современной физики, рассматривающей в единстве прерывного и непрерывного качественные разновидности материи: вещество и поле. Открытие П. Н. Лебедева — блестящая победа материализма в науке.

Д. И. БЛОХИНЦЕВ

КРИТИКА ФИЛОСОФСКИХ ВОЗЗРЕНИЙ ТАК НАЗЫВАЕМОЙ «КОПЕНГАГЕНСКОЙ ШКОЛЫ» В ФИЗИКЕ

Современный «физический» идеализм особенно охотно проповедует реакционное учение о непознаваемости атомных явлений. В книге английского физика Джинса «Физика и философия» можно прочесть, например, следующие строки: «Мы можем изобразить реальный мир как глубокий текущий поток: мир явлений есть его поверхность, дальше которой мы не можем видеть. События в глубине потока выбрасывают пузырьки и вихри на его поверхность. Это — передатчики энергии и радиации, которые действуют на наши чувства и возбуждают наш ум: ниже поверхности потока лежат глубокие воды, которые мы можем знать только посредством умозаключения. Пузырьки и вихри обнаруживают атомистичность, но мы не знаем ничего соответствующего этой атомистичности в потоках глубин. Этот дуализм явлений и реальности восходит к истокам философии, вплоть до Платона. В своей знаменитой притче Платон изображает человечество прикованным на цепь внутри пещеры так, что оно может видеть только то, что происходит на стене, образующей заднюю сторону пещеры. Люди не могут видеть жизни снаружи, они видят только тени — явления, которые бросают объекты, движущиеся в свете солнца, на стены пещеры. Для узников этой пещеры тени образуют мир явлений — мир феноменов — в то время как мир реальности навсегда остается за пределами их понимания»[1].

Вся аргументация Джинса сводится в данном случае к тому, что сигнал («пузырьки»), приходящий к нам из микромира, свидетельствует якобы лишь о явлениях, разыгрывающихся на «поверхности потока» — «пересечении» макро- и микромира, но не о самом микромире «в себе». Джинс не хочет понять, что макро- и микромир находятся в неразрывном единстве друг с другом. Качественное различие макро- и микромира предпо-

[1] J. Jeans. Physics and Philosophy, Cambridge, 1948, p. 193.

лагает их тесную неразрывную связь. По этой причине явления на «пересечении» дают нам непосредственные сведения о закономерностях микромира, как он есть на самом деле, т. е. в его связи с другими вещами.

Только реакционеры, стремящиеся подорвать веру человечества в свои силы, способны утверждать, будто бы человеческое познание с открытием квантовых закономерностей микромира пришло к границе своих познавательных способностей. В самом деле, можно ли назвать находящимся в тупике путешественника, непрерывно продвигающегося по неисследованной стране, лишь потому, что он не успевает в полной мере осмыслить и понять все им виденное?

Только кабинетный софист может утверждать, что макроскопический характер приборов, употребляемых физиками, ограничивает возможности познания микромира. Для каждого исследователя ясно, что прибор это не то, что ограничивает, а, напротив, то, что расширяет и уточняет имеющиеся у человека природные органы чувств и их возможности и тем самым позволяет более глубоко проникать в царство «вещей в себе», превращая их «в вещи для нас». Слепая от рождения Иоланта, будь она физиком, в конце концов нашла бы способ отличить белую розу от алой и установить то различие, которое не дано ей непосредственно через органы чувств.

Самый общий взгляд на историю развития физики за последние десятилетия обнаруживает вопиющие противоречия между реальными, поразительными достижениями учения об атомах и об «элементарных» частицах и унылыми перепевами современных неокантианцев о микромире как о непознаваемой «вещи в себе».

Открытие энергетических уровней в атомах (энергии порядка 10^{-11} эргов), затем открытие тонкой структуры этих уровней (энергии порядка 10^{-15} эргов) и, наконец, открытие сверхтонкой структуры этих же уровней (энергии порядка 10^{-18} эргов) могут служить прекрасной иллюстрацией познаваемости микромира посредством макроприбора, лучшим опровержением домыслов о непознаваемых вещах в себе, примером непрекращающегося продвижения познания в сущность вещей. Только закрывая глаза на поразительные достижения современной науки и выставляя на первый план не реальные, а мнимые проблемы, можно говорить о непознаваемости микромира.

Среди самых разнообразных идеалистических направлений в современной физике так называемая «копенгагенская школа» — наиболее реакционная. Разоблачению идеалистических и агностических спекуляций этой школы вокруг коренных проблем квантовой механики и посвящена настоящая статья.

«НАЧАЛО ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ НАБЛЮДАЕМОСТИ» И «ПРИНЦИП ДОПОЛНИТЕЛЬНОСТИ»

Копенгагенская физическая школа еще в самом своем возникновении связывала себя с махизмом и в дальнейшем весьма способствовала развитию субъективистских взглядов на сущность квантовой механики. Так, Гейзенберг в основу своей методологии кладет так называемое «начало принципиальной наблюдаемости», согласно которому предметом исследования физики должны быть лишь *принципиально* наблюдаемые величины.

Именно с этой точки зрения Гейзенберг подвергал критике понятие боровских орбит в атомах.

Некоторые зарубежные физики склонны придавать этому принципу чуть ли не главную роль в создании квантовой механики. Изображается это следующим образом.

Гейзенберг, следуя «началу принципиальной наблюдаемости», отверг понятие орбит электронов в атомах как понятие, которому ничто не соответствует из наблюдаемого в опыте; оставив в стороне эти орбиты, он обратился к непосредственно наблюдаемым (и измеримым) величинам — к частотам излучения и к интенсивностям излучения — и на этом пути создал новую, квантовую механику.

На самом деле это не так. Основой для построения новой теории послужило не начало принципиальной наблюдаемости, *а новые, ранее неизвестные факты*, значение которых только частично было осознано в примитивной теории Бора. Эти факты выражались в том, что измеряемые атомные частоты ω_{mn} и интенсивности излучения I_{mn} характеризовались, как показывал опыт, двумя квантовыми индексами m и n. Один из них (например, m) относился к начальному состоянию, а другой (n) — к конечному состоянию атомной системы. Согласно же классической механике, эти величины должны были бы быть одноиндексными: I_n ω_n, где ω_n означало бы частоту n-го обертона, а I_n— интенсивность излучения этого обертона[1]. Именно, открытый на опыте характер частот и интенсивностей, излучаемых атомными системами, заставил усомниться в применимости к ним ньютоновской механики, в частности, в применимости понятия орбит, и привел к построению новой, квантовой механики (как тогда называли — «матричной» механики)[2].

---

[1] См. Д. И. Блохинцев. Основы квантовой механики. Гостехиздат, 1949.

[2] А. Иоффе. Сб. «Основания новой квантовой механики». ГИЗ, 1927, см. статью А. Гринберга.

То обстоятельство, что предсказываемые ньютоновской механикой орбиты не обнаруживались в опыте (кстати сказать, тогда вовсе не было еще доказано, что их *принципиально* нельзя обнаружить), давало еще только *возможность* предположить, что в атоме ньютоновская механика несостоятельна и должна быть заменена новой, *т. е. ненаблюдаемость орбит (фактическая, а не принципиальная) согласовывалась с противоречащей ньютоновской механике структурой частот и интенсивностей, и только.*

Поэтому этот принцип не играл той роли в развитии квантовой теории, которую ему приписывают позитивисты. Он и не мог играть сколько-нибудь значительной роли, так как порочен по самому своему существу.

В самом деле, прилагательное «принципиальной» (наблюдаемости) лишает этот принцип всякого значения, так как решить вопрос о том, что́ «принципиально» наблюдаемо, а что́ «принципиально» не наблюдаемо, можно лишь на основе готовой теории, которую уже можно считать проверенной по всей совокупности данных.

Но если теория уже создана, то и «принцип наблюдаемости» не нужен, так как из самой теории следует, что́ в ней имеет объективное значение (принципиально наблюдаемо), а что́ —нет.

Например, никто не наблюдал скоростей движения тел, бо́льших скорости света. Тем не менее, с точки зрения ньютоновской механики, такие скорости наблюдаемы «принципиально». Позднейшее развитие науки показало, что это утверждение теории Ньютона выходит за границы ее применимости и на самом деле неверно. При больших скоростях движения следует обращаться к теории относительности, согласно которой скорости, бо́льшие скорости света, «принципиально» ненаблюдаемы (так как противоречат законам природы).

Решение вопроса о принципиальной наблюдаемости в этом случае опять-таки базировалось не на том эмпирическом давно известном факте, что физик не встречал ни в одном из явлений скоростей, бо́льших скорости света (ведь он мог бы их встретить в дальнейших исследованиях), а на новых фактах, указывающих на непригодность ньютоновской механики, в частности на фактах, относящихся к распространению света в движущихся системах тел.

Поэтому делать вывод о «принципиальной» наблюдаемости того или иного явления только на основе того, что имеющиеся в распоряжении физика средства не позволяют его наблюдать, значит сползать в идеализм. Мах тоже исходил по существу из принципа наблюдаемости, утверждая, что молекулы, атомы

и электроны современных физиков — то же, что «средневековый шабаш ведьм». Атомы, по мнению Э. Маха, только домысел, которому ничего не соответствует в «комплексе ощущений».

Позднейшее развитие физики, напротив, подтвердило предсказания сторонников кинетической теории вещества, которые, по косвенным данным, давно предполагали, что вещество образовано совокупностью движущихся атомов или молекул. Великий Ломоносов еще в XVIII в., на основе атомной теории, развивал кинетические взгляды на природу тепла, более чем на сотню лет опережая своих современников. Таким образом, развитие физики показало, что «начало принципиальной наблюдаемости», исходящее в конце концов из маховской концепции «комплекса ощущений», является началом, внутренне несостоятельным и ведущим к заблуждению.

Между тем многие физики, в том числе и некоторые советские, усматривают в этом «начале» здоровое зерно. Говорят, что, мол, этот принцип правильно подсказывает необходимость критического пересмотра тех физических понятий, которые содержатся в теории, но не находят себе прямого подтверждения в эксперименте. Понятия этого сорта могут быть, дескать, лишними привесками, тормозящими развитие науки (примеры: флогистон, упругий эфир, орбиты электронов в атомах и т. п.).

Такая оценка «начала принципиальной наблюдаемости» *является результатом узко ремесленнического подхода к методологии физики*, результатом забвения основ марксизма-ленинизма или их незнания. Она представляет в сущности попытку заменить глубокое и всеобъемлющее здание материалистической гносеологии антинаучным принципом позитивистов.

В самом деле, какое значение может иметь этот принцип в сравнении с учением марксизма-ленинизма о понятиях, как об отражениях реальных вещей, о необходимости рассматривать и явления и понятия в их развитии и в их взаимной связи, о переходе количества в качество и т. д.

Мах вырвал факт (временной) ненаблюдаемости атомов из всей совокупности других фактов и потерпел вместе с энергетиками поражение в своем предсказании.

Если бы Гейзенберг не привлек к построению теории новых фактов, а ограничился только утверждением о ненаблюдаемости орбит электронов, то никакой новой механики он, конечно, не создал бы.

«Ненаблюдаемость» (взятая сама по себе) изолированно не может служить основой ни для каких предсказаний, а может повести только к идеалистическим выводам Маха.

Чтобы сделать еще более ясным то, что «начало принципиаль-

ной наблюдаемости» не имело того значения в развитии квантовой механики, которое ему придают рекламирующие его позитивисты, напомним, что, помимо матричной механики Гейзенберга, квантовая механика имела еще и другой исток — волновые теории де-Бройля, Е. Шредингера, которые развивались по пути, прямо противоположному идеям «принципиальной наблюдаемости». Между тем именно эти теории поглотили формальную схему Гейзенберга, привели к предсказанию диффракционных явлений для частиц и тем самым поставили новую механику на прочный фундамент.

Действительно, только после экспериментального доказательства предсказанных волновыми теориями диффракционных явлений квантовая механика получила веское обоснование в опыте. На этом же пути было разработано понятие волновой функции, основное понятие квантовой механики и дана ее статистическая интерпретация.

Путь волновой (как ее тогда называли) механики был путем отыскания качественно новой закономерности, путем обобщения закономерностей, найденных для света, на другие формы материи (сначала на электроны, а позднее и на все другие «частицы»). В самом начале этого пути возникло понятие волновой функции, которая не только не принадлежала к числу величин, входящих в «комплекс ощущений», но и вообще сам способ сопоставления ее с наблюдаемыми, измеримыми величинами на первых порах был неясен. Введение ее в теорию было основано на догадке, что волновые явления в природе, быть может, имеют более широкое значение, чем это до сих пор считалось. Это предположение могло быть верным или неверным, и только последующее развитие теории и эксперимента показало, что оно верно. Не случайно Е. Шредингер в своей первой статье[1] замечает, что он не был уверен в том, что из его теории получится «нечто разумное» (т. е. соответствующее действительности).

Отсюда видно, что рекламирование проникнутого духом субъективизма «начала принципиальной наблюдаемости» основано на фальсификации науки, на искусственном подчеркивании одних обстоятельств и на умолчании других, более важных.

Позитивистские концепции представителей копенгагенской школы в их применении к квантовой теории не ограничиваются, однако, «учением» о «принципиальной наблюдаемости».

Как естественное следствие этого принципа Н. Бор положил в основу понимания квантовой механики так называемый

[1] E. Schrödinger. Abhandlungen zur Wellenmechanik. 1928.

«принцип дополнительности». Согласно этому принципу, возможны *два класса экспериментальных установок: первый класс допускает определение импульсно-энергетических соотношений, второй — пространственно-временных. Одновременное применение обоих типов установок исключается.*

Таким образом, «квантовое описание» явлений распадается на два наблюдаемых класса, дополнительных друг другу в том смысле, что их совокупность в классической физике дает полное описание[1].

Мы изложили этот принцип по Бору, оставив в стороне, например, гейзенберговскую формулировку дополнительности, как дополнительности «акаузального описания» и «математической схемы вне пространства и времени»[2].

Тем не менее из изложенного содержания принципа дополнительности видно, что в нем *подчеркивается не факт существования новых по своей природе объектов, а возможности макроскопических измерительных приборов.*

Иными словами, на первый план выдвигаются не особенности микромира, следствием которых и является невозможность изучать их методами классической физики, а возможности наблюдателя, оперирующего с макроскопическими величинами и понятиями. Иначе говоря, *на первое место выдвигается «наблюдаемость»*, а остальное рассматривается как ее следствие.

Такая субъективистская направленность боровского принципа дополнительности ведет к двоякого рода последствиям. Во-первых, Н. Бор и его последователи развивают этот принцип в особую *философскую концепцию дополнительности*, для которой характерно отрицание объективности микроявлений.

Во-вторых, применение рассматриваемого принципа в физике ведет к субъективному толкованию волновой функции и понятия состояния в квантовой механике. Волновая функция рассматривается не как объективная характеристика квантового ансамбля, а как выражение сведений наблюдателя, полученных в результате измерений. Реальность того или иного состояния микросистем становится в таком понимании тождественной со сведениями наблюдателя о микросистеме, т. е. превращается из объективной категории в субъективную.

Мы рассмотрим сначала первую сторону дела и только позднее обратимся ко второй.

---

[1] См. Н. Бор. «Успехи физ. наук», 1936, т. XVI, стр. 446.

[2] См. В. Гейзенберг. Физические принципы квантовой теории. ГТТИ, 1932.

В своем анализе проблем квантовой теории Н. Бор постоянно вращается в кругу «наблюдаемого» и «наблюдаемости», заботясь лишь об однозначном соответствии слов и терминов описанию экспериментальной ситуации. Такое стремление к точности привлекает иных физиков, не замечающих, на сколь шатком философском фундаменте покоится логика боровских построений.

В своей статье, ответе А. Эйнштейну, Н. Бор пишет о непригодности «обычной точки зрения *натуральной философии* для описания явлений того типа, с которым мы имеем дело в квантовой механике. В самом деле, конечность взаимодействия между объектом и измерительным прибором, обусловленная самим существованием кванта действия, влечет за собой, вследствие невозможности контролировать обратное действие объекта на измерительный прибор (а эта невозможность будет непременно иметь место, если только прибор удовлетворяет своему назначению), необходимость окончательного отказа от классического идеала причинности и радикальный пересмотр наших взглядов на проблему физической реальности»[1].

В другой своей статье[2] Н. Бор так характеризует возникающую в связи с квантовой теорией гносеологическую проблему: «...С одной стороны, описание нашей мыслительной деятельности требует противопоставления объективно данного содержания и изучающего субъекта, в то время как, с другой стороны, как уже видно и из такого высказывания, не может быть оправдано никакое строгое разделение объекта и субъекта, так как также и последнее понятие принадлежит к миру мыслей».

Если из первой цитаты еще остается неясным, с каких позиций критикуется «обычная натуральная философия», то из второй уже достаточно ясно видно, что Н. Бор стоит на шаблонных позициях идеализма.

В недавней статье, посвященной причинности и принципу дополнительности[3], Н. Бор в сущности только повторяет свои прежние взгляды на значение этого принципа, расширяя область его применения на психические, биологические и даже социальные явления.

Суть этой статьи вкратце сводится к следующему. В атомной области ситуация такова, что «всякая попытка локализовать атомный объект в пространстве и времени требует такого экспериментального устройства, которое приводит к некон-

[1] Н. Бор. «Успехи физ. наук», 1936, т. XVI, стр. 446.
[2] N. Bohr. Atomtheorie und Naturbeschreibung. J. Springer, Berlin, 1931, S. 62.
[3] «Dialectica», 1948, № 7/8, стр. 312.

тролируемому в принципе обмену энергией и импульсом между объектом и шкалами и часами, служащими системой отсчета. Обратно, не существует устройства, подходящего для контроля баланса энергии и импульса, позволяющего точное описание явления как цепи событий в пространстве и времени»[1]. Само слово «явление», по Бору, должно включать «отчет о всем эксперименте в целом»[2].

Невозможность отделить поведение объекта от измеряющих приборов требует, по Бору, пересмотра проблемы «физического объяснения». Место классического описания в квантовой области должна занять концепция дополнительности, представляющая «рациональное обобщение самого классического идеала причинности».

Итак, мы видим, что вся проблема квантовой теории рассматривается Н. Бором *как проблема взаимоотношения прибора и микрообъекта*, а когда он покидает более определенную почву физики,— *как проблема взаимоотношения субъекта и объекта*.

В этом и заключается основной методологический порок концепции дополнительности: *в свете этой концепции квантово-механические закономерности теряют свой объективный характер, становясь закономерностями, вытекающими из способа восприятия человеком явлений микромира*. А это и есть идеализм.

Мы поясним на одном простом примере, к чему ведет такой «приборный» подход. В иностранной физической литературе встречается так называемый «принцип неразличимости частиц». Согласно этому принципу, при помощи приборов невозможно различить два состояния систем, отличающихся перестановкой частиц одной на место другой. Из этого принципа следует, в частности, принцип Паули в одном и том же состоянии не может находиться более одного электрона. Эта закономерность имеет фундаментальное значение для структуры атомов и для образующихся из них тел. Получается такая цепь суждений: 1) мы не можем различить частиц; 2) поэтому имеет силу принцип Паули, а стало быть, 3) физические тела ведут себя именно так, а не иначе. Иными словами: только по той причине, что мы не можем наблюдать различие частиц, существует периодическая закономерность в строении атомов, вскрытая Д. И. Менделеевым. Ясно, это здесь все перевернуто.

С точки зрения позитивизма такая несообразность вполне естественна (какое дело позитивистам до того факта, что атомы

---

[1] «Dialekctica», 1948, № 7/8, стр. 315.
[2] Там же, стр. 317.

существовали задолго до того, как кто-то стал подсчитывать в них электроны), с точки зрения же материализма это — чистейший абсурд. Очевидно, что невозможность различия одинаковых частиц есть не исходное, а вторичное, вытекающее из природы этих частиц, из их тождественности. Неразличимость есть следствие тождественности[1], а не наоборот.

Подобное же верно и относительно принципа дополнительности: *измерительные приборы в самом деле делятся на два класса: импульсно-энергетические и пространственно-временные, но квантовые закономерности вовсе не вытекают из этого деления, а, напротив, это деление вытекает из квантовых закономерностей.*

Это ясно также и из того, что, исходя из принципа дополнительности, нельзя построить квантовой механики. В самом деле, попробуем из этого принципа вывести необходимость волновой функции, ее физическую интерпретацию, уравнение Шредингера или что-нибудь подобное из понятий и соотношений, фигурирующих в квантовой механике. Это оказывается совершенно невозможным. Из него следовала бы только неприменимость ньютоновской механики к атомному миру и больше ничего, т. е. столько же, сколько и из гейзенберговского «начала принципиальной наблюдаемости». Поэтому принцип дополнительности не может служить основой квантовой механики. Это — только махистская формулировка одного из следствий квантовой механики.

Как противоположный пример мы можем привести теорию относительности. Из принципа относительности и принципа независимости скорости света от равномерного движения тел следует автоматически преобразование Лоренца. Исходя же из принципа дополнительности, невозможно вывести ни одного физического закона.

Если Н. Бор еще очень невнятно говорит о некоей «натуральной» философии, которая стала непригодной, то его последователи выражаются определеннее.

П. Иордан в своей книге[2] посвящает целый раздел «ликвидации материализма». Следует иметь в виду, что П. Иордан вовсе не пришел к идеализму в результате анализа выводов из квантовой физики. Он, как и другие позитивисты, анализирует проблемы как квантовой, так и ньютоновской физики, исходя из отрицания существования объективного мира и объективной закономерности. Следуя Маху, он считает, что задача науки

---

[1] Этот термин и принят автором во втором издании его курса.
[2] P. Jordan. Physics of the 20-th Century. N. Y. 1944, p. p. 144—165.

«заключается в упорядочении результатов наблюдения». В позитивистском понимании как ньютоновская, так и квантовая физика не являются отображением объективного мира, а представляют собою «математические конструкции»[1]. Для первой из этих конструкций характерна возможность разделения понятий субъекта и объекта, а для второй — это разделение невозможно, так как субъект измерения «приготовляет физическую реальность». Таким образом, речь идет не об анализе отношений познающего субъекта и объекта как частей объективного мира, а об анализе этих «конструкций», т. е. об анализе в сфере понятий.

С этих позиций позитивисты пытаются опровергнуть материализм таким путем, что сначала его связывают с определенными ограниченными физическими или философскими представлениями, а затем объявляют несостоятельным.

В. И. Ленин ясно показал этот стандартный путь к идеализму [2].

Иордан следует этому пути с потрясающей степенью точности. Он навязывает материализму с поразительной наивностью и невежеством атомизм Демокрита и детерминизм Лапласа. Как будто бы со времени Демокрита и Лапласа материализм не подвергся никакому развитию, как будто не существует учения Маркса — Энгельса — Ленина — Сталина. Такой способ «ликвидации материализма» не нов, но от повторения он не приобретает силы.

Иордан пишет: «Действительно, сравнивая новую физику с материалистической картиной мира, можно установить теперь, что устарели как раз те черты материалистической концепции природы, которые выражали противоречие между материалистическими теориями и другими идеями»[3].

И далее: «Атомы Демокрита неразрушимы и неизменны; современные „элементарные частицы“, напротив, способны к неограниченным превращениям»[4].

Итак, материализм тождественен учению Демокрита о неизменных атомах.

Иордан не забыл неудачного «пророчества» Маха о якобы предстоящем крушении атомистической теории. Он пытается оправдать основоположника позитивизма тем, что современное представление об атоме радикально отличается от представлений

---

[1] См. P. Jordan. Anschauliche Quantentheorie. J. Springer. Berlin, 1936, S. 302—309.

[2] См. В. И. Ленин. Соч., т. 14.

[3] P. Jordan. Physics of the 20-th Century, N. Y., 1944, p. 145.

[4] Ibid.

об атоме в XIX в. «Атом,— говорит Иордан,— есть только каркас для классификации экспериментальных фактов».

Такое понимание атома, разумеется, вполне в духе позитивизма, но все же, как бы ни классифицировать факты, нельзя опровергнуть того, что Мах, исходя из наблюдаемости, отвергал то физическое воззрение, без дальнейшего развития которого была бы невозможна современная квантовая физика. Законен вопрос, почему этот «каркас» был изобретен позитивизмом не во времена Маха, а значительно позднее.

Причину этого усмотреть нетрудно. Со времени Маха, благодаря развитию техники эксперимента и физической теории, существование атомов было доказано, и вот поэтому Иордан и спешит заменить маховское утверждение, что атом равен «шабашу ведьм», более «деликатным» утверждением: атом равен каркасу для упорядочения фактов.

Подчеркивая еще раз, что атомы Демокрита обладают ясно осязаемыми свойствами, а атом «сегодняшнего дня» — только «система формул», Иордан утверждает, что вместе с установлением этого различия «окончательно ликвидирована наиболее важная черта материалистической картины мира; в то же время позитивистская теория познания подтверждена и проверена»[1]. Итак, сначала позитивистская теория познания утверждала, что атомов нет в «комплексе ощущений», что атомы — это только «шабаш» и т. п. Когда же атомы все же были открыты и их реальное существование подтверждено тысячью способов, то позитивистская теория пришла к заключению, что вся эта атомная физика — неплохой «каркас» для формул.

Таким образом, позитивистские предсказания в области атомистики оказались на самом деле в противоречии с фактами.

Но именно эта философия позитивизма и лежит в основе физических концепций копенгагенской школы: *принцип дополнительности есть прямое порождение идеалистической позитивистской теории познания.*

ПРОБЛЕМА КВАНТОВОЙ СТАТИСТИКИ

Последовательно проводя концепцию дополнительности, Н. Бор полагает, что наблюдаемая в опыте статистичность квантовых явлений есть результат неконтролируемого действия прибора на объект. Именно, неконтролируемость этого действия приводит, по Бору, к невозможности построить каузальное описание микроявлений в терминах механического детерминизма. Н. Бор подчеркивает, что статистика, с которой мы здесь

[1] P. Jordan. Anschauliche Quantentheorie, S. 148.

имеем дело, совсем не той породы, которая известна из ньютоновской статистической механики[1].

Классическая статистика допускает уточнение. Путем более точного измерения координат и импульсов частиц можно уменьшить разброс всех величин и исключить статистику с желаемой степенью точности в принципе полностью.

В квантовой области «неконтролируемое» вмешательство прибора не допускает такого уточнения.

Гейзенберг, желая выдвинуть эту сторону дела на первый план, так формулирует принцип дополнительности[2]:

Либо:	Либо:
Описание в пространстве и времени	Математическая схема вне пространства и времени
Соотношения неопределенности	Причинность

Под математической схемой вне пространства и времени здесь разумеется описание посредством волновой функции (без вмешательства прибора). Так как Гейзенберг считает, что волновая функция ψ есть, с одной стороны, характеристика состояния одной частицы, а с другой — она не может быть измерена на этой *одной* частице, то волновая функция есть попросту математический символ, вне пространства и времени существующий.

Описание же в пространстве и времени (при помощи траектории) требует вмешательства прибора для измерения ψ или p и ведет к статическим суждениям о движении частицы.

Исходя из этих представлений, Иордан[3] приходит к заключению о невозможности в квантовой области лапласовской постановки вопроса — по заданным начальным импульсам и координатам всех частиц предсказать будущее всего мира — и делает вывод о крахе материализма (напомним, что Иордан полагает, что материализм — это атомы Демокрита + лапласовский «фатализм»).

Между тем диалектический материализм рассматривает взаимоотношение между явлениями объективного мира с более широкой и глубокой точки зрения, нежели лапласовский детерминизм.

В основу истинно материалистического понимания природы положена идея о всеобщем взаимодействии, взаимосвязи явле-

---

[1] См., например, его статью в «Dialectica», 1948, № 7/8, стр. 313.

[2] См. В. Гейзенберг. Физические принципы квантовой теории. ГТТИ, 1932, стр. 52.

[3] См. P. Jordan. Physics of the 20-th Century, 1944, p.p. 106—107.

ний, механический детерминизм представляет собою лишь весьма частный аспект взаимодействия и осуществляется в природе только приближенно.

Однако доквантовая физика переоценивала значение и силу механического детерминизма и недооценивала категорию взаимодействия. Остановимся на этой стороне дела подробнее,

Согласно ньютоновской механике системы частиц, достаточно задать конечное число параметров (например, начальные импульсы и координаты частиц), чтобы однозначно определить движение системы и, следовательно, ее состояние в будущем. Соответствующая задача может быть сформулирована на языке уравнений Ньютона или методами аналитической механики. Такое «образцовое» решение вопроса о будущем поведении частиц является, однако, абстракцией, которая только приближенно отражает то, что происходит в природе. Суть дела заключается в том, что описание любой реальной системы *конечным* числом параметров является *неполным*. Неявно допускается, что остальные параметры самой системы «несущественны» и что система может быть изолирована от остальной части природы на все время, для которого делается предсказание.

Поясним эту мысль примерами. Возьмем сначала простейшую задачу механики: движение твердого тела под действием силы. В этом случае в качестве параметров могут быть взяты координаты центра тяжести, углы Эйлера и соответствующие скорости (всего 12 величин). При этом допущено, что деформации тела в процессе движения несущественны. Стало быть, уже *заранее* предполагается, что тело, например, не разорвется на части. Далее мы должны знать внешние силы F, действующие на тело для всех тех точек пространства-времени, где тело будет находиться.

Но так как механика сама не в состоянии предсказать силы, то они должны быть заданы наперед, т. е. фактически делаемое механикой предсказание на будущее требует соблюдения некоторых условий: если силы известны *не только в настоящем*, но и в будущем, то в будущем тело будет находиться там-то и двигаться так-то. Представление об абсолютно точных предсказаниях механики создается по той причине, что во многих случаях, действительно, из косвенных (внемеханических) данных, удается с немалой точностью предсказать силу. Пример тому — небесная механика. Планетная система в достаточной степени изолирована от остальной части Вселенной, а изменения внутреннего состояния планет и Солнца происходят весьма медленно.

Таким образом, предсказание в механике удается только в той степени, в какой остаются неизменными несколько важнейших взаимодействий, определяющих явление.

Рассмотрим другой пример. Мгновенная передача силы, допускаемая механикой Ньютона, на самом деле также не осуществляется в природе: силы распространяются со скоростью, не превосходящей скорость света. Поэтому при больших скоростях движения тел или при больших расстояниях между ними необходимо, кроме самих тел или частиц, рассматривать еще и поле.

Оказывается, что и при учете поля физические явления можно рассматривать при помощи дифференциальных уравнений. Действительно, из того факта, что скорость распространения любого поля не превышает скорость света, следует, что все процессы, происходящие в системе тел и поля, могут быть описаны дифференциальными уравнениями. Это утверждение может быть пояснено рис. 1.

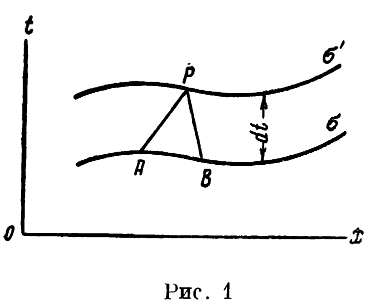


Рис. 1

На этом рисунке изображены две пространственные поверхности σ и σ', разделенные друг от друга малым промежутком времени dt. Из точки P проведены световые лучи PA и PB (наклон AP и BP равен скорости света). Тогда все, что влияет на события в P, лежит на отрезке AB. При малом dt, AB также мало, т. е. на события в P влияет только окрестность этой точки, а стало быть, это влияние может быть выражено на языке дифференциальных уравнений.

Поле представляет собой также материальную систему, характеризуемую бесконечно большим числом параметров. Поэтому никаким конечным числом операций невозможно задать начальное состояние системы, состоящей из поля и тел.

На практике, однако, можно воспользоваться тем, что поле достаточно однородно в малых, но все же конечных областях пространства. Чем детальнее произведенный промер поля, тем на большее время справедливо предсказание о движении системы тел и поля. При этом опять-таки необходимо *наперед* задать граничные условия, и предсказание в этом случае носит не абсолютный, а относительный характер. На рис. 2 сказанное пояснено на примере «одномерного мира». OX — есть ось пространства, а Ot — ось времени. Рассматриваемая нами система

заключена в момент $t=0$ в отрезке AB. Если она и в дальнейшем останется в пределах этого отрезка, то необходимо знать поле на линиях AA' и BB', т. е. для всего будущего точек A и B. В реальном мире, вместо линий, будем иметь трехмерные поверхности.

На этом же рисунке, внизу, изображен непрерывной кривой график поля в момент $t=0$, а ступенчатой кривой — результат его измерения конечным числом операций. Из-за этой замены бесконечного числа операций конечным числом предсказание на будущее не вполне точно. Так, если различие между измеренным полем силы и фактическим его значением есть ΔF, то для тела массы m следует ожидать ошибки в положении тела: $\Delta x \sim \frac{\Delta F}{m} t^2$, где t — время, т. е. ошибка пропорциональна t^2. Этот пример иллюстрирует общую ситуацию: все реальные физические явления следуют данному закону лишь с известной степенью точности; налицо всегда дисперсия («разброс»), обусловленная тем, что ни один из законов не в состоянии исчерпать всего многообразия взаимодействий, реализующихся в действительности[1].

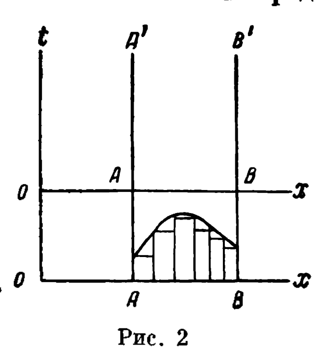


Рис. 2

Только что обрисованная постановка вопроса об однозначном предсказании будущего, основанная на дифференциальных уравнениях, на задании начальных данных для поля и тел и на задании *наперед* граничных условий, характерна для теории относительности.

А. Эйнштейн[2] полагает, что эта постановка вопроса, могущая быть охарактеризованной как «принцип близкодействия», является обязательной. Он пишет: «Полный отказ от этого принципа сделал бы идею существования (квази-) замкнутых систем и вместе с тем установление поддающихся эмпирической проверке законов *в привычном нам смысле* (курсив мой.— *Д. Б.*) невозможными»[3].

Мы позволили себе остановиться столь подробно на анализе причинности в той форме, в какой она выступает в классической

---

[1] Здесь под словом «закон» мы понимаем закономерности, существующие в природе.

[2] См. статью в журнале «Dialectica», 1948, № 7/8, стр. 320.

[3] Там же, стр. 322.

физике (включая и теорию относительности), чтобы показать, что кажущаяся самоочевидной возможность однозначного предсказания будущего на самом деле предполагает соблюдение ряда существенных условий, которые могут и не реализоваться на деле со всей полнотой.

Поэтому и причинность, формулируемая в ньютоновской физической теории в виде однозначной неизбежности, является абстракцией, приближением.

Это обстоятельство было давно известно основоположникам материалистической диалектики. Поэтому иордановский способ опровержения материализма на том основании, что в природе не осуществляется лапласовский детерминизм, по меньшей мере наивен.

Напомним, что́ писал по поводу детерминизма Ф. Энгельс:

«Противоположную позицию занимает детерминизм, перешедший в естествознание из французского материализма и пытающийся покончить со случайностью тем, что он вообще отрицает ее»[1] (далее следуют примеры).

«С необходимостью этого рода мы тоже еще не выходим за пределы теологического взгляда на природу. Для науки почти безразлично, назовем ли мы это, вместе с Августином и Кальвином, извечным решением божиим, или, вместе с турками, кисметом, или же необходимостью. Ни в одном из этих случаев нет и речи о прослеживании причинной цепи. Поэтому, как в том, так и в другом случае, мы ничуть не становимся умнее. Так называемая необходимость остается пустой фразой, а вместе с этим и случай остается тем, чем он был». «...С одним этим стручком,— продолжает Энгельс,— нам пришлось бы проследить уже больше каузальных связей, чем сколько их могли бы изучить все ботаники на свете.

Таким образом, случайность не объясняется здесь из необходимости; скорее, наоборот, необходимость низводится до порождения голой случайности. Если тот факт, что определенный стручок заключает в себе шесть горошин, а не пять или семь, представляет собою явление того же порядка, как закон движения солнечной системы или закон превращения энергии, то на деле не случайность поднимается до уровня необходимости, а необходимость снижается до уровня случайности»[2].

Мы видим, что Энгельс высмеивает лапласовский детерминизм, сравнивая его с провидением божиим, с кисметом.

---

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1950, стр. 172—173.
[2] Там же, стр. 173.

По Энгельсу, необходимость и случайность — не исключающие друг друга категории. Случайное имеет основания, а необходимое выражается в случайном. Между случайным и необходимым нет непереходимой грани.

Так, если бы замкнутость нашей планетной системы нарушилась вторжением какого-нибудь космического тела, то это явление было бы случайным для самой солнечной системы, но эта же случайность могла бы быть выражением некоторой более общей необходимости (например, статистических законов движения тел в межзвездном пространстве).

Отсюда ясно, что форма выражения необходимого и случайного зависит от природы рассматриваемой системы и от ее связей с окружающим миром и не является раз и навсегда данной для всех случаев. Поэтому когда А. Эйнштейн указывает на то, что в случае незамкнутости систем «привычная нам» постановка о законах природы стала бы невозможной, то отсюда не следует, что незамкнутость систем не должна осуществляться в природе, отсюда следует только то, что пришлось бы искать эти законы в «непривычной нам форме».

После этих предварительных замечаний общего характера вернемся к квантовой механике.

Как мы видели, Н. Бор и его последователи отрицают возможность объективного описания явлений микромира, а статистику рассматривают как результат неконтролируемого действия прибора на объект.

В этой связи мы хотели бы прежде всего отметить, что квантовая статистика имеет объективное значение в том смысле, что она никак не связана с деятельностью наблюдателя.

В самом деле, например, радиоактивный атом распадается по тем же статистическим законам независимо от того, наблюдают его или нет, существует ли вообще какой-либо наблюдатель или его вовсе нет.

Более того, необходимо очень энергичное воздействие на атомное ядро, чтобы изменить ход радиоактивного распада. Этот процесс распада происходит статистически закономерно, т. е. разные экземпляры ядер распадаются в различные моменты времени, но среднее время распада одно и то же. Мы можем сказать, что мы имеем здесь дело с некоторым статистическим ансамблем радиоактивных атомов, объективно существующим в природе.

Другой пример квантового ансамбля — космические лучи. Опять-таки мы здесь имеем дело со статистически закономерно протекающими явлениями, и эти закономерности, естественно, ни в коей мере не зависят от наблюдателя.

Это только два примера, но они имеют совершенно общее значение: повсюду в квантовой области мы встречаемся с такого рода статистическими ансамблями.

Между тем копенгагенская школа неизменно отодвигает на задний план тот факт, что квантовая механика приложима только к статистическим ансамблям и сосредоточивается на анализе взаимосоотношения единичного явления и прибора. Это — существенная методологическая ошибка: в таком толковании вся квантовая механика приобретает «приборный» характер и объективная сторона дела затушевывается.

Какова же на самом деле природа квантового ансамбля? Суть дела заключается в том, что в природе нет никакого абсолютного деления на микро- и макромир. Явления микромира протекают внутри макромира, и если мы выделяем мысленно какое-либо микроявление, то оно все же в действительности остается связанным с макромиром, можно сказать, с макроскопическими телами. Изоляция микросистем, которая казалась с точки зрения классических концепций принципиально возможной, в действительности, в силу конечности взаимодействий, оказывается неосуществляющейся.

Эта конечность взаимодействия связана с атомизмом действия, выражающимся в существовании постоянной Планка $h = 1{,}04 \cdot 10^{-27}$ эрг. сек.

Атомизм далеко не исчерпывается дискретностью действия. Он проявляется также в дискретности заряда, массы и других величин. В настоящее время мы не знаем в точности тех ограничений классических концепций и тех новых понятий и представлений, которые должны следовать из атомизма заряда и массы — это дело будущей теории частиц. Но эффект атомизма действия — это как раз то, что обстоятельно изучено современной квантовой механикой. Благодаря атомизму, действия замкнутых, изолированных микросистем не существует и всякий квантовый ансамбль включает в себя связь микросистем с макросистемами.

Эту же мысль можно еще выразить и так: квантовый ансамбль определен по отношению (т. е. в связи) к макротелам.

Таким образом, современная атомная физика подтверждает и развивает тот хорошо известный тезис диалектического материализма, что вещи и явления следует изучать в их взаимосвязи: «...Ни одно явление в природе не может быть понято, если взять его в изолированном виде, вне связи с окружающими явлениями, ибо любое явление в любой области природы может быть превращено в бессмыслицу, если его рассматривать вне связи с окружающими условиями, в отрыве от них,

и, наоборот, любое явление может быть понято и обосновано, если оно рассматривается в его неразрывной связи с окружающими явлениями, в его обусловленности от окружающих его явлений»[1].

Итак, квантовая статистичность имеет своим основанием взаимосвязь микро- и макроявлений.

Используются те или иные макротела и макроявления для конструирования измерительных приборов или нет,— это дело второе. Наблюдатель, лучше сказать техник, экспериментатор, может создавать измерительные приборы лишь в соответствии с законами природы.

Волновая функция ψ, при помощи которой в квантовой механике, как принято говорить, «описывается состояние микросистемы», на самом же деле характеризует квантовый ансамбль. а следовательно, предполагает определенную макроскопическую обстановку. Поэтому волновая функция не есть характеристика микрочастицы «самой по себе», а есть *характеристика ее принадлежности к тому или иному ансамблю*[2].

Если меняется макроскопическая обстановка, то меняется и квантовый ансамбль. Это обычно трактуют как «вмешательство прибора в состояние системы». На самом деле прибор — это только *очень частный случай* макроскопической обстановки. Именно — прибор является *спектральным анализатором* квантового ансамбля [3].

Поясним, что это значит.

Если ансамбли, в которых какая-либо интересующая нас величина, например импульс, имеет значения $p_1, p_2, \ldots, p_n$, характеризуются волновыми функциями $\psi_1, \psi_2, \ldots, \psi_n$ соответственно, то волновая функция ψ, изображающая любой иной ансамбль, может быть представлена в виде

$$\psi = \sum C_n \psi_n, \tag{1}$$

т. е., как говорят, разложена в спектр по признаку p (импульсное разложение).

Измерительный прибор, определяющий импульс p, есть *такое макроскопическое устройство, которое на деле осуществляет спектральное разложение.* В данном примере таким

---

[1] «История ВКП(б). Краткий курс», стр. 101.

[2] См. Д. Блохинцев. Основы квантовой механики. Гостехиздат, 1949, § 14, стр. 55.

[3] Там же, § 17. Копенгагенская школа все свое понимание квантовой механики строит именно на этом частном случае.

прибором может служить диффракционная решетка, так как разложение по импульсам совершенно аналогично разложению света в спектр.

Ясно, что такое разложение может осуществляться как само по себе в природе, так и искусственно создаваться экспериментатором.

Уже из этого примера видно, что прибор-анализатор меняет ансамбль. Из ансамбля, характеризуемого волновой функцией ψ, возникает ансамбль, характеризуемый набором волновых функций ψ_1, ψ_2, ..., ψ_n (такой ансамбль называют «смешанным»). Это и есть «вмешательство» в систему. Отсюда копенгагенская школа делает заключение, что объективное изучение микроявлений невозможно. Однако это глубоко неправильно. Дело заключается в том, что для изучения природы ансамбля достаточно изучать *его малую часть*. Эта часть в процессе измерений действительно будет меняться, но в целом весь ансамбль остается неизменным.

Например, изучая космические лучи, применяют счетчик или другие приборы. Эти приборы изменяют состояние обнаруживающихся в них отдельных частиц, приводят их в новый ансамбль, но они не меняют в целом того квантового ансамбля, который можно назвать ансамблем космических лучей.

Вносимое этими приборами нарушение в ход явления космических лучей в целом, конечно, ничтожно, и поэтому ничто не мешает выяснению объективных закономерностей, свойственных космическим лучам.

Это можно выразить так: *степень изолированности ансамбля в целом почти не нарушается измерениями*. Иначе говоря, по отношению к ансамблю в целом сохраняется ситуация; известная из ньютоновской физики, где воздействия могут быть как угодно малы.

В силу этого волновая функция ψ, характеризующая ансамбль, подчиняется уравнению Шредингера

$$ih\frac{\partial\psi}{\partial t} = H\psi, \qquad (2)$$

позволяющему определить эту функцию для любого момента времени, если она известна в начальный момент времени

Таким образом, *для ансамбля сохраняется простейшая форма причинной связи — ньютоновский детерминизм*. Это — результат того, что ансамбль в целом (микросистема + макрообстановка) может быть (конечно, приближенно) изолирован от остальной части мира.

Напротив, *ньютоновский детерминизм как форма причинной связи не осуществляется в применении к единичным микроявлениям. Причина этой несостоятельности* «лапласовского» *детерминизма лежит в невозможности изоляции единой микросистемы от макрообстановки* (несуществование замкнутых, изолированных систем). *Поэтому единичные микроявления управляются статистической закономерностью.* Эта последняя закономерность не есть результат отсутствия закономерных связей внутри мира единичных явлений, как утверждают позитивисты; напротив, статистическая закономерность как раз и есть выражение общего закономерного в единичных явлениях.

В этой связи можно сказать, что *квантовая механика изучает свойства единичного микроявления посредством изучения статистических закономерностей коллектива таких явлений.*

О практической успешности и силе этого метода вряд ли уместно подробно распространяться. Именно на этом пути удалось вскрыть тончайшие детали в строении молекул, атомов и атомных ядер.

Нам остается еще рассмотреть вопрос о возможности исключения квантовой статистики. Этот вопрос известен в литературе под названием проблемы «скрытых параметров».

Проблему можно формулировать так: единичное микроявление может реализоваться различным образом. Квантовая механика дает лишь вероятность того, что осуществится та или иная возможность. Нельзя ли найти такие величины («скрытые параметры»), знание которых позволило бы однозначно предсказать каждое единичное микроявление?

Нельзя ли, например, предсказать место попадания электрона в диффракционном опыте или ориентации спина атома в опыте Штерна и Герлаха.

Эта возможность исследовалась Нейманом и позднее Рейхенбахом. Оба приходят к отрицательному ответу. Нейман отвергает возможность скрытых параметров следующим образом.

Пусть мы имеем «чистый» ансамбль (т. е. ансамбль, определяемый одной волновой функцией). *По определению* чистого ансамбля он не разложим на части, т. е. если мы возьмем совокупность большего числа любых, одинаковых измерений в этом ансамбле N и по произволу разделим эту совокупность на две N_1 и N_2 ($N_1 + N_2 = N$), то математическое ожидание любой величины L одинаково во всех подсовокупностях

$$<L>_N = <L>_{N_1} = <L>_{N_2}. \quad (3)$$

Иными словами, разбивая ансамбль на подансамбли, нельзя уменьшить дисперсию, разброс величин. Чтобы убедиться в этом, достаточно положить в (3), вместо L $\Delta L^2 = (L - \bar{L})^2$; тогда формула (3) будет означать, что среднее квадратичное отклонение ΔL^2 в любом подансамбле одинаковое.

Стало быть, по Нейману, не может существовать параметров, по которым можно сделать выборку подансамблей таким образом, чтобы уменьшить статистический разброс величин.

Против этого доказательства нельзя ничего возразить: оно попросту выражает внутреннюю непротиворечивость квантовой механики. Но избранный Нейманом метод рассуждений не может все же считаться удовлетворительным, так как он *базируется* на квантовой механике. Между тем если «скрытые параметры» существуют, то их анализ лежит вне компетенции квантовой механики.

Мы не будем здесь приводить рассуждения Рейхенбаха, так как они также исходят из того, что «скрытые параметры» подчиняются законам квантовой механики, и тогда, естественно, мы остаемся в кругу тех идей, которые нам следовало бы покинуть.

Поэтому мы рассмотрим проблему «скрытых» (лучше сказать — «пока неизвестных») параметров с иной точки зрения, не подчиняя заранее эти параметры законам квантовой механики.

Тогда сразу же можно сказать, что эти параметры не могут быть взаимно однозначно связаны с величинами, которые встречаются в современном эксперименте и в квантовой механике.

В самом деле, в этом случае они могли бы быть выражены через квантовые величины, а стало быть, и сами должны были бы подчиняться законам квантовой механики.

Рассмотрим, например, квантовую величину s, имеющую только два возможных значения s_1 и s_2 (такой величиной может быть проекция спина атома на магнитное поле). Пусть дано некоторое состояние $\psi = a\psi_1 + a_2\psi_2$, причем в ψ_1 $s = s_1$, в ψ_2 $s = s_2$. Тогда, согласно квантовой механике, $|a_1|^2$ есть вероятность найти $s = s_1$, а $|a_2|^2$ — вероятность найти $s = s_2$. В случае если существуют некоторые скрытые параметры λ такие, что знание их позволяет однозначно предсказать, будет ли в данном индивидуальном случае s равняться s_1 или s_2, связь между λ и s должна быть такова, что λ определяет значение s, а значение s не определяет λ, т. е. равенство

$$s = F(\lambda) \tag{4}$$

не должно быть разрешимо относительно λ[1].

[1] $F(\lambda)$ — не обязательно функция, может быть функционал.

Далее, совокупность параметров λ не может сохраняться при изменении постановки опыта. Действительно, пусть первоначально дан ансамбль с $s = s_1$ $(a_2 = 0)$. Пусть s_1 есть проекция спина на магнитное поле, направленное по оси OZ. Направим пучок таких частиц в поле, направленное по оси OX и сортирующее частицы по признаку проекции спина на ось OX. Тогда если первоначальному ансамблю отвечает область параметров $G_1(\lambda)$, то эта область разобьется на две

$$G_1 = G_1' + G_2'',$$

где G_1' — область λ, отвечающая проекции спина на ось OX $s_x = s_1$, а G_2'' — область с проекцией спина на ось OX, равной $s_x = s_2$. Отделим пучок, скажем, с $s_x = s_1$. Разделим его далее полем, направленным опять по оси OZ, на пучок с $s_z = s_1$ и $s_z = s_2$. Если при имевшем место изменении внешней обстановки (разделение по признаку s_z) параметры λ не изменялись, то область G_1' содержит параметры λ, соответствующие обоим значениям проекции на ось OZ: s_1 и s_2. Но область G_1' есть часть области G_1, в которой, по условию, все λ принадлежали $s_z = s_1$. Таким образом, мы приходим к противоречию.

Остается предположить, что при сортировке частиц по признаку s_x в игру вошли новые параметры (или новые значения параметров), так, что G_1' опять содержит λ, относящиеся как к $s_z = s_1$, так и к $s_z = s_2$, т. е. если скрытые параметры вообще существуют, то они для каждого макроскопического устройства, анализирующего по какому-либо признаку (например, s_z или s_x), должны быть своими собственными.

То, что мы здесь рассмотрели, есть превращение чистых ансамблей в смешанные. Поэтому результат можно сформулировать так: каждому превращению чистого ансамбля в смешанный соответствуют свои скрытые параметры (если они вообще существуют). Параметры, удовлетворяющие этому условию, видимо, не противоречат законам квантовой механики.

Их возможный физический смысл — числовая характеристика влияния макрообстановки на единичное микроявление.

Существуют ли такие параметры в природе? Этот вопрос может быть решен только на пути дальнейшего развития теории и эксперимента. Физически — это вопрос о возможности выделения, изоляции от окружающего мира некоторой его части в терминах иных величин, нежели те, которыми оперирует квантовая механика (s). *Априорно нельзя ни настаивать на этой возможности, ни отвергать ее.*

О СУБЪЕКТИВНОМ ПОНИМАНИИ ВОЛНОВОЙ ФУНКЦИИ

Обратимся теперь к рассмотрению позиции копенгагенской школы в понимании физического смысла волновой функции. С наибольшей ясностью эта позиция может быть выяснена в связи с дискуссией А. Эйнштейна и Н. Бора [1]. В этой дискуссии был рассмотрен такой пример.

Имеются две частицы 1 и 2, претерпевающие столкновение. Пусть их состояние до столкновения в начальный момент времени характеризуется волновой функцией

$$\psi^\circ(x_1x_2) = \psi^\circ(x_1)\,\varphi^\circ(x_2).$$

Волновую функцию этих частиц после столкновения, по истечении достаточно большого времени, обозначим через $\psi(x_1x_2)$. Эта функция уже не будет произведением функций, зависящих от x_1 и x_2 порознь.

Измерим теперь какую-либо величину, относящуюся только к первой частице, для определенности, скажем, импульс этой частицы p_1. После этого измерения волновая функция первой частицы будет $\psi_{p_1}(x_1)$. Разложим $\psi(x_1x_2)$ по $\psi_p(x_1)$:

$$\psi(x_1x_2) = \int \varphi_p(x_2)\,\psi_p(x_1)\,dp, \tag{5}$$

где $\varphi_p(x_2)$— амплитуда в разложении $\psi(x_1x_2)$ по $\psi_p(x_1)$.

Если измерение импульса первой частицы дает p_1, то волновая функция $\psi(x_1x_2)$ сводится к одному члену разложения

$$\psi(x_1x_2) \to \varphi_p\psi_{p_1}(x_1). \tag{6}$$

Таким образом, меняется и состояние второй частицы, хотя над ней не производилось никаких измерений и она уже давно перестала взаимодействовать с первой, т. е. на нее ничего не действовало, а состояние ее изменилось.

Следовательно, говорят изменились «сведения» (наблюдателя) об этой частице, а стало быть, и ее состояние, т. е. понятие состояния в такой трактовке оказывается равносильным понятию «сведения о состоянии».

Это и есть субъективная трактовка волновой функции. Эта трактовка связана с тем, что копенгагенская школа вообще

---

[1] Н. Бор. «Успехи физ. наук», 1936, т. XVI, вып. 4, стр. 446 и след.

отодвигает на задний план статистический характер квантовой механики.

В квантовой механике состояние частицы характеризуется действительно не «само по себе», а принадлежностью частицы к тому или иному ансамблю (смешанному или чистому[1]). Эта принадлежность имеет совершенно объективный характер и не зависит от сведений наблюдателя. Если эти сведения не соответствуют природе ансамбля, то из них никаких новых сведений, кроме разве нелепых, получиться не может.

Как мы уже пояснили, измерительные приборы являются спектральными анализаторами. Они разлагают исходный ансамбль по подансамблям, характер которых зависит от природы прибора-анализатора и от природы исходного ансамбля.

В рассматриваемом нами примере производится анализ по признаку, относящемуся к первой частице. Но так как в исходном ансамбле $\psi(x_1 x_2)$ существовала корреляция между обеими частицами, обусловленная их взаимодействием, то разложение по признаку p одновременно выделяет подансамбль для второй частицы, т. е. после измерения она оказывается принадлежащей другому подансамблю, характеризующемуся волновой функцией $\varphi_{p_1}(x_2)$.

Поэтому изменение состояния второй частицы вызвано не изменением «сведений» о ней, а *взаимодействием первой и второй частиц до измерения.*

Если бы такого взаимодействия не было, то и изменения состояния первой частицы не оказывали бы влияния на состояние второй: $\psi(x_1 x_2)$ осталась бы равной произведению $\psi^\circ(x_1)\varphi^\circ(x_2)$ и при любом измерении над первой частицей состояние второй неизменно было бы $\varphi^\circ(x_2)$.

В нашем примере особенно ясна сущность корреляции, обусловленной взаимодействием. Действительно, пусть до столкновения импульс первой частицы был p_1^0, а второй — p_2^0. Тогда если после столкновения импульс первой частицы равен p_1, то, в силу закона сохранения импульса, импульс второй частицы обязан быть равным: $p_2 = p_1^0 + p_2^0 - p_1$. Стало быть, $\varphi_{p_1}(x_2)$ есть волна де-Бройля с импульсом $p = p_2$. Поэтому сортировка частиц 1 по их импульсам p_1 есть в то же время сортировка по импульсу p_2 частиц 2.

Мы видим, что *субъективная трактовка волновой функции покоится на забвении ее статистической сущности.*

---

[1] Эта точка зрения на ψ-функцию последовательно проведена автором в новом издании его курса.

В этой же дискуссии А. Эйнштейн и его соавторы[1] высказали убеждение о неполноте квантовой механики. Именно, они показали, что невозможно одновременно определить импульс p и координату частицы x, несмотря на то, что каждую из этих величин можно измерить, не влияя непосредственно на саму частицу. А. Эйнштейн и соавторы рассматривают следующий пример.

Пусть волновая функция системы двух частиц имеет вид

$$\psi(x_1x_2) = \int\limits_{-\infty}^{+\infty} e^{\frac{i}{h} p (x_1 - x_2 + a)} dp = 2\pi\delta(x_1 - x_2 + a), \tag{7}$$

где a — некоторая постоянная. Пусть мы измеряем сначала импульс первой частицы p_1. Из разложения (7) видно, что если этот импульс равен p, то импульс второй частицы $p_2 = -p$. Координата же x_2 остается полностью неопределенной. Вместо импульса мы могли бы также измерить координату первой частицы x_1. Пусть $x_1 = x$; тогда из (7) следует, что $x_2 = x + a$, т. е. по этому измерению определяется координата второй частицы. Импульс же p будет неопределенным.

А. Эйнштейн с соавторами и делает отсюда вывод о неполноте квантовой механики, так как она не позволяет одновременно определить p и x у частицы даже и в том случае, когда p и x порознь определяются косвенно, без вмешательства прибора в состояние частицы (в нашем примере имеется в виду вторая частица, измерение же с вмешательством происходит на первой частице).

В своем ответе А. Эйнштейну Н. Бор опровергает эту точку зрения на полноту квантовой механики. При этом Н. Бор исходит из принципа дополнительности. Он утверждает, что измерительные приборы в принципе всегда устроены так, что можно измерить или только p, или только x. Поэтому квантовая механика полна, так как она полностью соответствует возможностям измерительных макроскопических приборов. Этот ответ Н. Бора — только полуправда.

Беря в основу своего ответа принцип дополнительности, Н. Бор, естественно, выдвигает на первое место возможности измерительных приборов, в то время как суть дела заключается в новой природе объектов измерения — микрочастиц, к которым неприменимо классическое понятие движения по траектории.

Далее, Н. Бор оставляет в стороне статистическое толко-

---

[1] См. «Успехи физ. наук», вып. 4, 1936, т. XVI, стр. 440 и сл.

вание волновой функции. Л. И. Мандельштам[1] показал, что в приведенном А. Эйнштейном примере речь идет о разложении исходного ансамбля $\psi(x_1 x_2)$ на различные исключающие друга друга подансамбли (один раз по признаку p, другой раз по признаку x). Изменение же состояния второй частицы, как мы пояснили выше, связано не с воздействием прибора на эту частицу (которое в рассматриваемом примере отсутствует), а с корреляцией состояний обеих частиц, обусловленной их взаимодействием, имевшим место до измерения.

Таким образом, А. Эйнштейн и соавторы, критикуя квантовую механику в связи с невозможностью измерить p и x одновременно, даже в случае отсутствия прямого вмешательства прибора, упускают из вида принципиально иную природу микрочастиц; они незаконно предполагают, что микрочастицы не отличаются от классических частиц и только неделикатное вмешательство прибора является причиной соотношения неопределенности.

В своей более поздней статье[2], посвященной этому же вопросу, А. Эйнштейн повторяет свою ошибку. Эйнштейн рассматривает дилемму: а) частица имеет на самом деле p и x, но вмешательство прибора не допускает одновременного их измерения (тогда квантовая механика неполна, так как не дает способа измерить то, что существует в природе); б) частицы на самом деле описываются ψ-функцией и не имеют в действительности ни p, ни x. Последние возникают только в определенной обстановке, например при измерении.

А. Эйнштейн отвергает возможность (б) и склоняется к первой (а). Именно, А. Эйнштейн находит противоречие между возможностью (б) и принципом «близкодействия», о котором мы уже говорили выше. Суть этого противоречия заключается в том, что если ψ-функция описывает состояние частицы, то это ψ может быть изменено во всем пространстве измерением, произведенным в локальной области пространства.

На рис. 3 изображена ψ-функция некоторого состояния частицы. Допустим, что производится измерение координаты частицы и получается, что $x = x'$. Тогда такой частице отвечает новая волновая функция $\psi_{x'}(x) = \delta(x - x')$, изображенная на том же рисунке, т. е. волновая функция сводится в острый пик. Это сведéние (редукция) означает, что процесс в точке x' (локализация частицы) «действует» на волну $\psi(x)$ во всем пространстве, т. е. нарушает закон близкодействия.

---

[1] См. Л. И. Мандельштам. Полное собрание трудов, т. V. (Лекции по основам квантовой механики).

[2] См. «Dialectica», 1948, № 7/8, стр. 312.

Приходя к этому противоречию, А. Эйнштейн исключает эту возможность на том основании, что «идея существования замкнутых систем и вместе с тем установление эмпирически проверяемых законов, в „*привычном смысле*“ (подчеркнуто нами) делается „невозможным“». Выше мы уже рассматривали эту сторону дела. Развитие науки в том и заключается, что «привычное» приходится заменять на «непривычное».

Легко видеть, в чем заключается ошибка в рассуждении А. Эйнштейна. Обсуждая альтернативную возможность (б), А. Эйнштейн, следуя копенгагенской школе, предполагает, что волновая функция есть характеристика индивидуальной частицы, частицы самой по себе. Исходя из этого неверного взгляда, он стремится придать ему физический смысл тем, что рассматривает волновую функцию как величину, характеризующую некоторое физическое поле, на которое возможно то или иное воздействие.

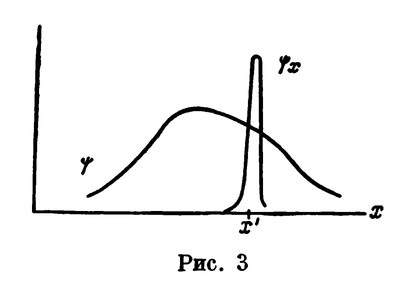


Рис. 3

На самом же деле волновая функция есть статистическая характеристика принадлежности частицы к тому или иному ансамблю. Поэтому в природе никакого стягивания волновой функции как реального физического процесса не происходит. То, что происходит, относится к частице, имеющей материальную сущность[1].

В приведенном выше примере происходит локализация частицы, которая делает частицу принадлежащей другому статистическому коллективу (коллектив с определенным значением x, равным x'). На языке волновых функций это означает, что частица описывается теперь новой волновой функцией. Физического же воздействия на волновую функцию нет и в помине.

Между тем Эйнштейн как раз и рассматривает процесс стягивания волновой функции как процесс перетекания какой-то физической сущности «флюида» из одной части пространства в другую. Поэтому Эйнштейн неверно трактует альтернативу (б) и неосновательно ее отвергает. Эту же неверную трактовку альтернативы (б) дает и Х. Рейхенбах [2]. Он также считает, что в стягивании волновой функции выявляется нарушение

[1] Как мы увидим ниже, природа квантовой частицы действительно тесно связана с понятием поля, но только не с понятием «поля» волновой функции, дающей статистическую характеристику состояния частицы.

[2] «Dialectica», 1948, № 7/8, стр. 312.

обычной причинности. Но различие точек зрения Рейхенбаха и Эйнштейна заключается в том, что Эйнштейн отвергает возможность (б) как противоречащую, по его мнению, принципу близкодействия, а Рейхенбах принимает эту возможность и, вместо того чтобы вскрыть физическую сущность этой постановки вопроса, заявляет о существовании аномалии и причинной связи, с которой следует согласиться де-факто. В этой связи Рейхенбах объявляет о существовании нового принципа — «принципа каузальной аномалии» (охота же у буржуазных философов до «аномалий»!).

Обсуждая редукцию волновой функции и отмечая возможность статистической интерпретации ψ-функции, он пишет: «Тогда прерывный переход от ψ к ψ' не представляет большей трудности, чем, скажем, прерывный переход от вероятности смерти двадцатилетнему человеку к вероятности смерти этого же человека при условии, что дополнительно известно, что он болен туберкулезом»[1] (видно, трудно выдумать в современном маршаллизованном обществе более популярный пример, чем смерть в двадцатилетнем возрасте от туберкулеза). Если же, говорит Рейхенбах, ψ рассматривается как физическое состояние, тогда этот путь (интерпретация сведе́ния ψ к ψ') закрыт.

Неправильность этой аргументации вытекает опять же из попытки приписать ψ-функцию одному электрону и рассматривать ее как характеристику данного электрона, а не ансамбля, к которому он принадлежит.

Далее, Рейхенбах отмечает (там же): «Вероятностная интерпретация ψ-функции, конечно, также имеет свои аномалии; они выражаются не во временном развитии ψ-функции, но в поведении частиц, поскольку эта интерпретация в ее исчерпывающей форме тождественна с корпускулярной интерпретацией».

В этом утверждении Рейхенбах, в сущности, повторяет вероятностное, статистическое понимание ψ-функции в духе альтернативы (а) Эйнштейна (частицы микромира понимаются как корпускулы с p и x, которые, однако, нельзя измерить).

Между тем, особенность квантовой механики в том и заключается, что она *непосредственно на языке статистики выражает закономерности, свойственные объектам иной природы, отличным от материальных точек классической теории.*

В самом деле, приборы в ньютоновской физике и в современной атомной физике являются макроскопическими устрой-

---

[1] «Dialectica», 1948, № 7/8, стр. 345.

ствами. Поэтому ясно, что суть различия классических и квантовых явлений коренится не в приборах как таковых, а в новой природе квантовых объектов.

Эйнштейн мог бы быть прав в смысле альтернативы (а), если бы действительно дело обстояло так, что современный физический эксперимент был бы недостаточен по точности для измерения «истинных», одновременных значений p и x.

На самом деле, современный физический эксперимент *достаточно точен, чтобы доказать, что эта пара величин не осуществляется в природе одновременно.*

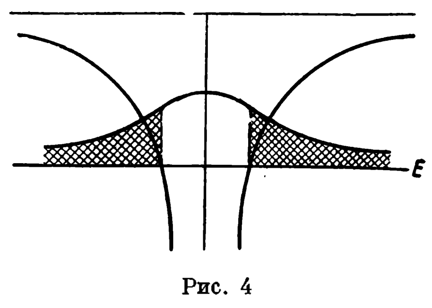


Рис. 4

Так, из рассеяния рентгеновских лучей или электронов на атомах можно найти распределение электронов внутри атома, т. е. $|\psi(r)|^2$, где r — расстояние электрона от ядра. Это распределение изображено на рис. 4. Такой эксперимент означает определение координат электронов внутри атомов. При этом энергия исходного состояния атома равна $E_0 = -\frac{e^2}{2a}$, где a — радиус орбиты по Бору.

Как показывают опыт и теория, находящаяся в соответствии с опытом[1], значительная часть электронов оказывается находящейся на расстояниях r от центра таких, что потенциальная энергия электрона $U(r)$ оказывается больше полной его энергии E (эта часть электронов показана на рис. 4 заштрихованной площадью). Поэтому если мы будем считать, что в этом состоянии электрон имеет, помимо координаты, еще и импульс p, то, так как полная энергия равна $E = \frac{p^2}{2m} + U(r)$, мы получим, что для $r \gg 2a$ $U = -\frac{e^2}{r}$ и $\frac{p^2}{2m} < 0$, т. е. импульс частицы — мнимый. Если же допустить, что E есть не точное значение энергии, а лишь некоторое среднее из «истинных» значений энергии отдельных атомов, то $\overline{\Delta E^2} = \overline{(E - E_0)^2} > 0$, т. е. существует разброс энергии около среднего значения E_0. Нетрудно определить, что этот разброс ΔE по порядку величины равен E_0. Но этот вывод полностью противоречит любому опыту по определению энергии электрона в нижнем состоянии атома (энергии ионизации),

[1] См. Д. Блохинцев. Основы квантовой механики. Гостехиздат, 1949, стр. 553 и след.

которые показывают, что подобного разброса в значении энергии ионизации на самом деле нет.

Стало быть, наше предположение, что электрон в атоме, имеющий энергию $E = E_0$, имеет какие бы то ни было одновременные значения $x(r)$ и p, противоречит экспериментальным данным. Микрочастицы не есть объекты, к которым применимо понятие движения по траектории.

Такое движение с квантовой точки зрения есть лишь частный случай движения, реализующийся приближенно только при некоторых определенных условиях.

О ПРИРОДЕ КВАНТОВЫХ ЧАСТИЦ [1]

Вся совокупность известных фактов указывает на то, что частицы микромира отличаются от корпускул классической теории значительно сильнее, чем это можно усмотреть из нерелятивистской квантовой механики. Можно утверждать, что эта последняя механика, в сущности, еще только ставит проблему частиц и подготовляет позиции для новой концепции, но сама по себе еще не решает этой проблемы.

Так как нерелятивистская квантовая механика имеет дело с ансамблями частиц с конечным и заданным числом степеней свободы (система бесспиновых частиц имеет, например, $3N$ степеней свободы, а частиц со спином — $4N$ степеней свободы), то она еще остается очень похожей на механику системы материальных точек. Поэтому многие склонны считать, что объект рассмотрения квантовой механики тот же, что и механики классической, и что, мол, квантовая механика дает лишь новый закон движения частиц. Это, однако, глубоко ошибочный взгляд. Чтобы в этом убедиться, достаточно обратиться к области больших энергий (область релятивистской теории).

Опыт показывает, что системы с заданным числом частиц существуют лишь до той поры, пока энергия движения частиц T мала по сравнению с их собственной внутренней энергией m_0c^2 (m_0— масса покоя, c — скорость света).

Если энергия превышает эту величину, то само число частиц становится переменным.

Типичным примером такого процесса является каскадный процесс в мягкой компоненте космических лучей. Первичный фотон большой энергии порождает пару (позитрон и электрон).

---

[1] Более подробно этот вопрос освещен: Д. И. Блохинцев. «Успехи физ. наук», 1950, т. XLII, вып. 1, стр. 76; 1951, т. XLIV, вып. 1, стр. 104; Я. И. Френкель. Там же, 1950, т. XLII, вып. 1, стр. 69.

частицы — эти пары при дальнейшем движении — порождают новые фотоны (тормозное излучение), эти фотоны превращаются в новые пары и т. д. В результате множится число частиц.

Если рассматривать весь процесс в целом, то мы имеем здесь дело с системой, обладающей неопределенным, в принципе как угодно большим числом степеней свободы (т. е. число рождаемых частиц может быть неограниченно большим).

Подобные материальные системы называют *полем*. Раньше поле считали чем-то таким, через что *осуществляется взаимодействие частиц*, и *противопоставляли его частицам*. Это имело свои законные основания в том, что частицы считались неизменными. Физика рассматривала лишь изменения движения в системе из заданного числа частиц.

Поскольку теперь открыты явления, в которых изменяется само число частиц (они рождаются и уничтожаются, превращаясь в другие), *классическое деление на поле и на частицы, сохраненное и в нерелятивистской квантовой механике, становится несостоятельным.*

Например, раньше предполагалось, что электромагнитное поле (фотоны) обусловливает взаимодействие электронов, но электроны, с своей стороны, не приводят к какому-либо взаимодействию фотонов. В настоящее время мы знаем, что фотоны могут взаимодействовать между собой через электроны, т. е. если раньше фотоны противопоставляли электронам как поле «истинным» частицам, то теперь такое противопоставление незаконно: электроны в свою очередь обусловливают взаимодействие фотонов и, следовательно, «истинные» частицы — электроны — играют роль поля для «эфемерных» частиц — фотонов.

Другой пример: мезоны могут рассматриваться как истинные частицы по отношению к фотонам, которые обусловливают электромагнитное взаимодействие мезона (поле), но мезоны сами обусловливают взаимодействие более тяжелых частиц — нуклонов — и являются для этого взаимодействия полем (мезонным).

Поэтому разделение на частицы и поле становится необоснованным и имеет *только относительное значение.*

Понятие поля как материальной сущности с неограниченно большим числом степеней свободы, видимо, имеет более фундаментальное значение, нежели частицы, которые являются с этой точки зрения лишь частным проявлением поля.

Поле может передавать другому полю свой заряд, свою массу, энергию, импульс и т. п. только определенными дискретными порциями, которые мы и называем *частицами*. Частицы

выступают в этом аспекте как определенные проявления полевых взаимодействий. *Если мы говорим, что имеем дело с одной, двумя, тремя и т. д. частицами, то с «полевой» точки зрения это лишь различные ступени возбуждения поля.*

Это возбуждение может быть локализовано в малой области или, напротив, занимать большую область пространства. В первом случае мы говорим: частица имеет координату, во втором: координаты нет, она не имеет смысла.

Физическое содержание этого утверждения может быть иллюстрировано на примере фотонов (квантов света), которые имеют массу покоя, равную нулю, и поэтому при всех условиях являются частицами релятивистскими. К этим частицам вообще неприменимо понятие пространственной локализации (но оно применимо к возбуждению поля).

Если возбуждение поля $F(x)$ локализовано в некоторой области пространства ($\approx\Delta x$), то такое поле можно представить в виде суперпозиции волн

$$F(x)=\int\limits_{k_0-\Delta k}^{k_0+\Delta k} A(k)\,e^{ikx}\,dk.$$

По известной теореме интервал волн Δk, существенно участвующих в суперпозиции волн, связан с областью локализации Δx соотношением [1]

$$\Delta k\cdot\Delta x\geqslant 2\pi.$$

Из него следует, что, чем меньше область Δk, в которой локализовано возбужденное поле, тем шире набор волн, создающих это возбуждение. Но каждая волна с определенным k соответствует фотону одного сорта (сорта «k»). Поэтому локализованное поле *не может быть осуществлено одним фотоном, а только набором фотонов.* Таким образом, возбуждение, соответствующее одному фотону, *обязательно не локализовано* (занимает большую область пространства).

То же самое должно относиться и к частицам с массой покоя, отличной от нуля. Если область локализации возбуждения, например электронного поля, мала по сравнению с $\Delta x=\frac{h}{m_0c}$ (здесь h — постоянная Планка, m_0— масса поля электрона, c — скорость света), то такое возбуждение не может быть осуществлено одним электроном или одним позитроном: число участвующих позитронов и электронов станет неопределенно

---

[1] Это соотношение применимо к любым волнам.

большим. Этот эффект известен под названием «поляризации вакуума».

Современная теория частиц находится еще в начальной стадии своего развития. Изложенные выше соображения о природе частиц базируются частью на новых, экспериментально установленных фактах, частью на провизорных теориях. Поэтому весьма возможно, что понятие частицы как атомистического, квантового проявления поля не вполне адэкватно действительной сущности микрообъектов. Тем не менее можно думать, что многие черты обрисованной выше концепции частиц сохранятся и в будущих теориях, более основательных, нежели существующие.

Эта мысль находит свое подтверждение в том обстоятельстве, что современная теория квантованного поля, несмотря на ее достаточно известные несовершенства, в последние годы получила новые неожиданные подтверждения как раз в тех пунктах, которые считались до сего времени сомнительными.

Приведем здесь одно из них, представляющее особый интерес для рассматриваемого нами круга вопросов.

Известно, что теория квантованного электромагнитного поля приводит к существованию так называемого нулевого поля, т. е. поля без фотонов. Фотоны-частицы появляются лишь в результате возбуждения поля. Этот теоретический вывод указывает на аналогию между свойствами поля и твердого тела. В твердом теле, находящемся при абсолютном нуле температуры, существуют колебания вещества — нулевые колебания. При возбуждении (например, при нагревании) твердого тела в нем возникают волны, энергия которых измеряется порциями $\varepsilon = \hbar\omega$, а импульс — порциями $\mathbf{p} = \hbar\mathbf{k}$ (здесь ω — частота волны, $\mathbf{k}$ — волновой вектор), причем $k = \frac{\omega}{v}$, где v — скорость звука, т. е. при возбуждении тела в нем появляются корпускулярные свойства, появляются частицы — «фононы», имеющие энергию ε и импульс $\mathbf{p}$. Никто никогда не сомневался в том, что и при отсутствии фононов, т. е. в своем нижнем энергетическом состоянии, твердое тело продолжает существовать. Между тем в отношении электромагнитного поля считали, что оно существует лишь постольку, поскольку существуют фотоны. Существование нулевого поля и его энергию были склонны рассматривать как лишний, не соответствующий действительности вывод теории.

Автором этой статьи еще в 1938 г. было показано, что нулевые колебания поля, если они существуют, должны приводить к смещению уровней в атомах. Тогда же была получена

качественно правильная формула для этого смещения. Более точно и последовательно этот вопрос был рассмотрен в последние годы рядом зарубежных ученых, причем предсказания теории оказались в полном согласии с опытом[1].

Вопрос о реальном существовании фона также принадлежит к числу вопросов, по поводу которых нет полного единодушия среди физиков. Такой фон способен по аналогии с диэлектриком поляризоваться. Поляризация должна была бы привести к рассеянию света на свете. Экспериментально это явление никому не удалось доказать ввиду его малости.

Однако было показано, что поляризация фона (или, как иногда говорят, «вакуума») дает определенный вклад в смещение уровней в атомах. Более доказательным является то обстоятельство, что в последнее время было показано экспериментально, что отношение магнитного момента электрона к механическому не вполне соответствует предсказываемому по теории Дирака, а отличается от него на $\frac{1}{2\pi}\cdot\frac{e^2}{hc}$.

Если вычислить эту поправку, исходя из броуновского движения электрона в нулевом поле, то получается неверный знак поправки, и только учет того, что, помимо нулевого поля, существуют еще флуктуации поляризации фона, приводит к верному значению поправки. Этот результат указывает на реальное существование флуктуаций поляризации фона, а стало быть, и самого фона. Современная теория не вполне верно описывает как поле нулевых колебаний, так и фон: энергия того и другого оказывается бесконечно большой. Остается также невыясненной связь различных полей.

Однако приведенные выше результаты теории, подтверждаемые опытом, указывают, что и нулевое электромагнитное поле и фон все же существуют в действительности. А это означает, что то, что мы называем пустотой, на самом деле является некоторой средой. Назовем ли мы ее по-старинному «эфиром» или более современным словом «вакуум», от этого суть дела не меняется. Эта среда имеет некоторые общие свойства с твердым диэлектриком. Разумеется, что эта общность свойств имеет значение лишь аналогии: «вакуум», конечно, не является ни твердым, ни жидким, ни газообразным телом, а обладает своей природой.

Вельтон дал очень наглядную интерпретацию рассматриваемого явления. Именно, он показал, что весь эффект смещения

---

[1] Д. И. Блохинцев. «Успехи физ. наук», т. 42, вып. 1, 1950, стр. 76, т. 44, вып. 1, 1951, стр. 104.

уровней вызван тем, что электрон под действием нулевых колебаний электромагнитного поля совершает броуновское движение, в силу чего изменяется среднее значение потенциальной энергии электрона по сравнению с тем, которое было бы в отсутствии нулевых колебаний. Отсылая читателя для более полного ознакомления с этим вопросом к обзору Я. А. Смородинского [1], мы обращаем внимание на то, что в результате названных работ можно считать установленным, что нулевые колебания электромагнитного поля действительно существуют, а вместе с тем существует и электромагнитное поле без фотонов, подобно тому как существует твердое тело без фононов. Тем самым также доказано, что поле есть первичное и общее, а частицы, в данном случае фотоны, вторичное и частное.

Аналогия с твердым телом продолжается и далее, если обратиться к позитронно-электронному полю. Хорошо известно, что энергетический спектр диэлектрика состоит из ряда полос («зон»), дозволенных и запрещенных энергией. В нормальном, невозбужденном состоянии нижняя полоса полностью заполнена электронами. Если извлечь из нее один электрон и перевести в другую верхнюю зону, то возникает пара: электрон в верхней зоне и «дырка» в нижней. Электроны, находящиеся в верхней зоне, приводят к нормальной электронной проводимости, а «дырка» в нижней зоне — к «дырочной» проводимости, соответствующей положительному знаку заряда носителей тока. Совершенно аналогично в теории электронно-позитронного поля существует нижняя полоса ($E < -mc^2$), заполненная электронами (так называемый «фон»), и верхняя ($E > + mc^2$), нормально свободная. При возбуждении такого поля электрон из фона переходит в верхнюю зону, а в нижней в фоне образуется «дырка», которая является позитроном.

Мы предприняли этот экскурс в область, в которую еще нет торной дороги а только едва намеченные и теряющиеся в неизвестном тропинки, для того чтобы показать, что современная физика не может пойти вспять, а, напротив, принуждена искать новых путей, ломающих рамки и самой квантовой механики.

Квантовая механика рассматривает чисто корпускулярные представления и понятия классического атомизма как приближенные. Но современной теории предстоит сделать новые шаги по пути дальнейшего развития понятия частиц, еще более уводящие нас от классической атомистики. На этом пути физик наверно встретится с новыми «странностями» и «необычайностя-

---

[1] Я. А. Смородинский. «Успехи физ. наук», 1949, т. XXXIX, вып. 3, стр. 325.

ми». Но глубоко прав В. И. Ленин, утверждая, что «как ни диковинно с точки зрения „здравого смысла" превращение невесомого эфира в весомую материю и обратно, как ни „странно" отсутствие у электрона всякой иной массы, кроме электромагнитной, как ни необычно ограничение механических законов движения одной только областью явлений природы и подчинение их более глубоким законам электромагнитных явлений и т. д.,— все это только лишнее *подтверждение* диалектического материализма»[1].

Из всего сказанного для нас важен основной вывод относительно частиц: частицы являются лишь возбуждениями «вакуума», который продолжает жить и тогда, когда никаких частиц нет: в нем флуктуирует электромагнитное поле и электрическая поляризация. Это — не покой, а вечное движение, подобное зыби на поверхности моря.

С этой точки зрения ясно также, что никаких изолированных, предоставленных самим себе «свободных» (как говорят) частиц не существует. Даже в случае значительного удаления частиц друг от друга, они все же продолжают принадлежать породившей их среде, находящейся в состоянии непрерывного движения.

Возможно, что в этой связи частиц и среды и скрывается природа той невозможности изолировать частицу, которая проявляется в аппарате квантовой механики.

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 248.

М. Э. ОМЕЛЬЯНОВСКИЙ

ДИАЛЕКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛИЗМ И ТАК НАЗЫВАЕМЫЙ ПРИНЦИП ДОПОЛНИТЕЛЬНОСТИ БОРА

Советская физика, имеющая значительные достижения, вооруженная философией диалектического материализма, решает большие задачи. Развитие ядерной физики требует новой физической теории. Квантовая механика — механика атома — работает, так сказать, с перебоями в области ядерных явлений, но вместе с тем без нее нельзя обойтись при создании новой теории.

Развитие так называемой релятивистской квантовой механики по многим линиям идет ощупью, стихийно, и это неудовлетворительное положение вещей связано, как нам представляется, также и с тем, что сама квантовая механика еще окончательно не выкристаллизовалась в части своих физических теоретических основ.

Правда, с точки зрения основателей современной квантовой механики Гейзенберга и Бора, возглавляющих так называемую копенгагенскую школу зарубежной физики, или Шредингера и Дирака такие физические основы квантовой механики ими созданы. Однако, если бы они были правы, физики и философы не переломали бы столько копий вокруг, например, так называемого «соотношения неопределенностей»! Для советских ученых несомненно, что идеализм, с позиций которого выступают Гейзенберг и Бор, Шредингер и Дирак, отразился самым пагубным образом на тех физических теориях, которые они создавали или разрабатывали, по существу затормозив развитие науки.

Поэтому для советской физики весьма важно дать систематический разбор и трактовку квантовой механики с позиций диалектического материализма. Это вместе с тем философски правильно освещало бы пути развития квантовой теории, не говоря уже о гносеологических выводах, формулирование которых показало бы с новой стороны идейное богатство марксистско-ленинской философии.

Какова же позиция материалиста по вопросу о философских основах квантовой механики?

Материалист, давая свое изложение квантовой механики, исходит из признания следующих положений:

микроявления существуют объективно;

будучи звеньями единой цепи материи, макроскопические и микроскопические объекты вместе с тем отличаются друг от друга;

между микроявлениями и макроявлениями не существует метафизической стены;

все свойства микрообъекта так или иначе проявляются в области макроявлений;

нет никаких границ познанию микроявлений.

Из того, однако, что какой-либо автор при изложении квантовой механики признает эти материалистические положения, еще не вытекает, что он последовательно материалистически разрешил те задачи, которые он взял на себя: от признания той или иной идеи в общем виде до осуществления и творческого применения ее в каждом конкретном случае научного исследования дистанция немалая.

Дело в том, что некоторые наши авторы, исходящие в своих работах из признания положений диалектического материализма, проводят вместе с тем ту идею, будто бы считаемые физическими теории, выдвинутые «физическими» идеалистами, вроде «теории дополнительности», по своему научному содержанию — правильные теории, нужно только совлечь с этих теорий идеалистическую форму и тогда все будет-де с точки зрения материализма в порядке. Этих авторов соблазняют на такие выводы утверждения «физических» идеалистов о необходимости изменения «классического описания» в применении к микроявлениям, утверждения, которые внешне выглядят «диалектично», но которые по существу вопроса протаскивают мысль об изменении сути материализма, замене последнего идеализмом.

Так, В. А. Фок в статье «Основные законы физики в свете диалектического материализма», касаясь спора Эйнштейна и Бора о физическом смысле волновой функции, критически разобрал только неправильное идеалистическое замечание Бора о «физической реальности»[1], но сам принцип дополнительности Бора, из которого вытекают его рассуждения о «физической реальности», В. А. Фок по сути дела не только не раскритиковал, но пытался связать с положениями диалектического материализма.

Или А. Ф. Иоффе, критикуя в книге «Основные представления современной физики» идеалистические высказывания

[1] См. «Вестн. Ленингр. ун-та», 1949, № 4, стр. 46.

Гейзенберга, Эддингтона и других буржуазных ученых, вместе с тем полагает, что с принципом дополнительности связаны вполне правильные, только непривычные физические представления, в которых можно разобраться якобы «на основе творческого марксистского метода». Соответственно этой, совершенно неверной точке зрения А. Ф. Иоффе изложил в своей книге идеи квантовой механики.

Спрашивается, каково основное содержание концепции дополнительности, под знаком которой копенгагенская школа не столько развивала, сколько затемняла квантовую механику? Предварительный ответ на этот вопрос, если придать его изложению внешне безобидную «нейтральную» форму, отбросив явные идеалистические выводы, заключается в следующем.

Квантовая теория якобы дает всего лишь физическое толкование того, что происходит в приборе под воздействием микроявления. Поскольку о микроявлениях судят по результатам показания макроприбора, к которому применима классическая механика, результаты наблюдения экспериментатор должен выражать и выражает в понятиях так называемой классической, ньютоновской механики, например в понятиях импульса или координаты. Отсюда якобы возникает противоречие: с одной стороны, экспериментатор отказывается от применения в области микроявлений ньютоновской механики, с другой — признает необходимость истолкования наблюдаемых микроявлений в понятиях ньютоновской механики. Это «противоречие» и разрешается будто бы теорией дополнительности, смысл которой заключается в том, что явление атомной области рассматривается только в неразрывной связи с взаимодействующим с ним макроприбором.

Таким образом, согласно концепции дополнительности, квантовая механика имеет дело будто бы не с объективно реальными явлениями, существующими независимо от наблюдателя, а с показаниями приборов, выступающих якобы на особый лад сравнительно с тем, как это имело место в «классической» физике. Концепция дополнительности неправомерно отводит понятиям классической теории безраздельное господство во всей области физического знания, включая и знание микроявлений.

К ИСТОРИИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

При разборе принципиальных основ квантовой механики необходимо разобрать вопрос, как она возникла, развилась и развивается.

Источником квантовой механики является опыт, открывший новые явления и свойства материи, которые не могут быть объяснены на основе ньютоновской физики. К опытным фактам квантовой механики относятся: открытие того, что внутренняя энергия атома при испускании или поглощении света меняется не непрерывно, а скачкообразно, «квантами» (эти факты открыты на заре квантовой теории); открытие того, что поток электронов обладает свойством интерференции, подобной интерференции световых волн (эти факты были открыты тогда, когда квантовая теория принимала современную форму).

В возникновении квантовой механики серьезное значение имела математика. Можно сказать, что по вопросу об отношении математики и опыта квантовая механика принципиально не отличается от любой правильной физической теории.

Применение математики получило особенно большое развитие в новой физике. И это в условиях развития буржуазной науки XXв. послужило, как указывал В. И. Ленин, одной из причин «физического» идеализма. «Реакционные поползновения, — писал он, — порождаются самим прогрессом науки. Крупный успех естествознания, приближение к таким однородным и простым элементам материи, законы движения которых допускают математическую обработку, порождает забвение материи математиками» [1].

В современной квантовой механике глубокая правильность этих мыслей В. И. Ленина резко бросается в глаза.

Бор, развивая квантовые идеи Планка, пришел к утверждению о прерывности энергетических состояний атома и установил также зависимость между частотой испускаемого света и разностью энергий двух состояний; вместе с тем его теория атома не разрешила существенных вопросов микромеханики. Де-Бройль и Шредингер, разрабатывая дальше теорию Бора, нашли математический аппарат, т. е. создали такое построение математической стороны теории, которому было присуще выделение прерывных значений. Этот аппарат, отражая известные уже из опыта энергии и частоты, позволял решать вопросы, которые были не под силу старой теории Бора. Однако в найденном аппарате фигурировали величины, физическое содержание которых надо было определить, и прежде всего надо было выяснить, каков физический смысл так называемой волновой функции, важнейшей из этих величин.

Де-Бройль, исходя из некоторого сопоставления света и вещества, вначале (1925 г.) предложил ассоциировать свободно

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 294.

движущийся электрон с плоской волной (волновое представление об электроне было подтверждено позже открытием диффракции электронов). Однако как согласовать волновое представление об электроне с представлением об электроне как частице, о правильности которого тоже свидетельствовал опыт? Де-Бройль выдвинул несколько идей, одной из которых была идея волны-пилота, т. е. волна, будучи реальностью и занимая определенную область пространства, направляет корпускулу, занимающую в волне определенное положение. Шредингер, в отличие от де-Бройля, выдвинул идею, что электрон представляет собой так называемый волновой пакет, группу волн, которые в одной части пространства, вследствие интерференции, усиливают друг друга, в остальном пространстве друг друга погашают. Эти и аналогичные идеи не могли укрепиться в науке, так как противоречили фактам.

Философская основа неудачи первоначальных попыток де-Бройля и Шредингера решить проблему так называемого дуализма волны и частицы ясна для диалектического материалиста. Этот «дуализм» означал, что физики должны были пользоваться при рассмотрении движения электронов и других микрообъектов методом материалистической диалектики, который учит, как надо сочетать противоположности в едином. Но буржуазные физики, далекие от диалектического материализма, стали на другой путь. Стихийное убеждение в существовании внешней и независимой от человеческого сознания природы толкнуло физиков, когда они начали создавать волновую механику, на путь материализма: волна-пилот де-Бройля, волновой пакет Шредингера, например, покоятся на признании реальных свойств реального электрона, существующих независимо от человека. Однако незнание де-Бройлем, Шредингером и другими буржуазными физиками диалектического материализма (мы не говорим здесь о причинах социального и идеологического порядка) не дало им возможности закрепиться на материалистических позициях в области познания микроявлений.

Ломка основных понятий и положений ньютоновской физики открытиями прерывности излучения и волновых свойств вещества была использована реакционным идеализмом для новой атаки на материализм, в том числе и на материализм в области физики. Возникла так называемая «копенгагенская» точка зрения на проблему волна-частица (Гейзенберг-Бор), представляющая «физический» идеализм в квантовой механике; копенгагенская идеалистическая школа задает тон в современной буржуазной физике.

Согласно взглядам копенгагенской школы, проблема «дуализма» волны-частицы в атомной области решается якобы следующим образом.

Волна символизирует вероятностное поведение отдельной корпускулы. Волна не существует в пространстве и времени, не есть нечто физическое, а представляет символически то, что физик знает о корпускуле. Отсюда вытекает, — о чем будет речь дальше, — так называемый принцип дополнительности.

Таким образом, копенгагенская школа, считая микрообъекты частицами, подчиняет движение этих частиц законам вероятностей и объективирует знание этих вероятностей как волну.

Копенгагенская школа, считая, что квантовая механика исследует вероятностные законы поведения отдельной атомной частицы, не решила задачи найти физический смысл волновой функции. Соотношение неопределенностей, например, как некоторое уравнение, заключенное в математическом аппарате квантовой механики, должно иметь физическое содержание, т. е. должно отражать, если оно правильно, атомные явления, существующие независимо от человека. Но концепция дополнительности идеалистически фальсифицировала и запутала это требование физики, когда выдвинула утверждение, что соотношение неопределенностей возникает из-за принципиально неконтролируемого возмущения измеряемого объекта.

Математический аппарат квантовой механики позволял, однако, решать конкретные проблемы атомных явлений. Несомненно, что одна голая математическая форма или схема теории не является гарантией успехов этой теории. Если же, как это можно видеть в квантовой механике, математическая форма теории как будто бы сама по себе обеспечивает успех, то это означает только то, что физическое содержание теории еще не раскрыто, еще ожидает этого раскрытия, должно быть и будет раскрыто наукой. Именно эту сторону вопроса и обыгрывает идеализм в наши дни, в том числе и идеализм в квантовой механике. История физики доказала, что пока не выяснен физический смысл величин, фигурирующих в физической теории, эта теория не есть еще *физическая* теория, а есть по сути дела только ее математическая схема. Идеализм может превратить (и действительно превращает) эту схему в схоластику математических понятий.

Мы подошли к вопросу: действительно ли принцип дополнительности дает физический смысл математической схеме квантовой механики?

О ДЕЙСТВИТЕЛЬНОМ И НЕДЕЙСТВИТЕЛЬНОМ СМЫСЛЕ СООТНОШЕНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ

Принцип дополнительности представляет собой, утверждают защитники концепции Бора, дальнейшее развитие так называемого принципа неопределенности. Последний принцип есть неправильно возведенное школой Бора в ранг принципа соотношение неопределенностей. Это соотношение, если взять его формально, с математической стороны говорит, как известно, о следующем: чем меньше неопределенность Δx в координате x, тем больше неопределенность Δp в импульсе p и наоборот ($\Delta x \Delta p \geqslant h$, где h — постоянная Планка).

Формально рассуждая, соотношение неопределенностей может быть выведено тремя путями: 1) исходя из законов классической волновой теории и постулата де-Бройля, в котором импульсу частиц сопоставляется длина волны (этот вывод приводится, например, в книге Э. В. Шпольского «Атомная физика», 1949 г.); 2) из свойств так называемой волновой функции — основного понятия квантовой механики (так поступает, например, Д. И. Блохинцев в «Основах квантовой механики»); 3) из рассуждений, относящихся к так называемым мысленным экспериментам над микрообъектом, в которых рассматривается взаимодействие между микрочастицей и прибором (так поступают обычно представители копенгагенской школы). Надо, однако, иметь в виду, что в курсах квантовой механики почти любого автора все три пути переплетаются в изложении вопроса о соотношении неопределенностей, но вместе с тем автор, как правило, отдает предпочтение тому или другому пути.

Философский анализ выведения соотношения неопределенностей особенно важен для нашей темы. Именно, идя третьим путем, копенгагенская школа и возвела соотношение неопределенностей в универсальный принцип и пришла к концепции дополнительности, неправильно превратила тем самым волновую функцию в приборную (если можно так выразиться) категорию.

Речь идет совсем не о том, что физик, стоящий на позициях материализма, должен отвергнуть мысленный эксперимент. Наоборот, мысленный эксперимент представляет собой распространенный в физике теоретический прием исследования, который всегда осуществляется в рамках определенной физической теории и дает серьезные для нее результаты. Такой мысленный эксперимент, например, проделал со своей идеальной паровой машиной Сади Карно и получил важные для термодинамики положения, на что обратил внимание Энгельс[1]. Выводы, добы-

[1] См. Ф. Энгельс. Диалектика природы. 1950, стр. 181.

тые посредством мысленного эксперимента, должны проверяться в реальном эксперименте, который в данном случае, как и всегда в теоретических рассуждениях, является высшим критерием истинности этих выводов.

Мысленные эксперименты, к которым прибегает в квантовой механике копенгагенская школа, отличаются однако от тех мысленных экспериментов, о которых говорилось выше. Если последние «совершаются» в конце концов над реальными объектами с их особенностями и т. д., то Гейзенберг, например, свои мысленные эксперименты осуществляет (при выведении соотношения неопределенностей), *сопоставляя классические* корпускулярные и волновые *понятия* в атомной области, и, собственно говоря, каждый его мысленный эксперимент, который иллюстрирует, по его словам, соотношение неопределенностей на приборах, есть пример такого сопоставления. Гейзенберг полагает, что он, делая свои выводы, опирается на реальный опыт; на самом же деле реальный опыт в его рассуждениях не столько служит базой для выводов, сколько привлекается в качестве иллюстрации этих выводов. Гейзенберг проводит через всю квантовую механику мысль, что, благодаря принципиально неконтролируемому взаимодействию микрообъекта и макроприбора, опыты, определяющие импульс объекта, делают в то же время неопределенной его координату, которая раньше была определенной. Принципиальная неконтролируемость связана органически, по Гейзенбергу, с соотношением неопределенностей, которое получает тем самым специфически «копенгагенскую», идеалистическую по существу, трактовку. «Когда из подобного рода соображений (т. е. соображений о принципиально неконтролируемом взаимодействии),— подчеркивает известный зарубежный физик Паули,— использование *одного* классического понятия исключает *другое*, мы, согласно Бору, называем оба эти понятия *дополнительными*; таковы, например, координата и импульс частицы»[1].

Об этом говорит и Бор. Давая свои принципиальные пояснения к соотношению неопределенностей, он указывает, «что в области квантовых явлений невозможен точный учет обратного влияния объекта на измерительные приборы, т. е. учет переноса количества движения в случае измерения положения и учет смещения в случае измерения количества движения» [2].

---

[1] В. Паули. Общие принципы волновой механики. ОГИЗ, 1947, стр. 17.

[2] Н. Бор и др. Можно ли считать, что квантово-механическое описание физической реальности является полным? «Успехи физ. наук», т. XVI, 1936, стр. 452.

Как раз поэтому, говорит Бор, для квантовой механики и характерно рассмотрение количества движения и координаты как величин, находящихся в дополнительном отношении.

Современная реакционная идеалистическая философия берет на вооружение принцип дополнительности как новую аргументацию «науки» в своей борьбе против марксизма-ленинизма. Принцип дополнительности приводит к идеалистическим утверждениям вроде «свободы воли» у электрона, к пресловутой альтернативе — либо описание в пространстве и времени без причинности, либо причинность вне пространства и времени и т. п. На нем возведена целая «философия дополнительности» с выводами «биологического» и «социального» порядка [1], которая пытается идейно обосновать отвратительные преступления империализма против мира, социализма и демократии. Не только Иордан, Рейхенбах, Франк, так сказать, *философы*, сделавшие своей профессией растление естествознания идеализмом, живописуют о «новой форме мышления», но и *физик* Бор посвятил немалое число страниц своих работ распространению «принципа дополнительности» на явления психики, на биологические явления, на явления общественной жизни. Бор, например, полагает, что «принцип дополнительности» полезен «особенно в проблемах, относящихся к изучению и сравнению человеческих культур». По Бору (не случайно современные реакционеры поднимают его на щит), либо единая вненациональная культура (разумеется, направляемая англо-саксонской расой), либо многие национальные культуры, соперничающие между собой — так стоит-де вопрос[2]. Таким образом, «философия дополнительности» верой и правдой служит буржуазному космополитизму и национализму; ее объективная, классовая роль всецело сводится к прислужничеству реакционной идеологии в ее борьбе против идеологии марксизма-ленинизма, к прислужничеству американским империалистам.

К сожалению, некоторые наши ученые, которые ведут борьбу против идеализма в науке, не сделали до сих пор еще всех необходимых выводов из той критики, которой подвергла советская наука реакционные идеи копенгагенской школы. Например, В. А. Фок в прежних своих работах не отличал по сути дела соотношения неопределенностей от принципа дополнительности Бора[3] и усматривал отличительную черту квантовой

---

[1] См. об этом статью С. Г. Суворова в настоящем сборнике.

[2] Бор. «Dialectica», 1948, № 7/8, стр. 318.

[3] В. А. Фок пишет: «Существует общее правило, указывающее пределы применимости классических моделей. Это есть *соотношение*

механики (с ее волновой функцией) в том, что в ней «мы уже должны говорить не просто об объекте, а об объекте, взаимодействующем с прибором определенного типа» [1]. Но «координация объекта с прибором», «принципиальная неконтролируемость» и аналогичные утверждения как раз и составляют «физическую» основу идеалистической «концепции дополнительности» с ее «свободой воли» у электронов и прочей чертовщиной. В этом можно убедиться воочию, если рассмотреть подлинное физическое содержание соотношения неопределенностей и связанной с ним волновой функции.

Если принцип дополнительности — это положение, формулирующее свойства микрообъектов в их взаимодействии с *макроприборами*, то это означает, что состояние микрообъекта не есть нечто существующее независимо от прибора, а создается прибором.

Такого рода понимание взаимоотношения измеряемого микрообъекта и измерительного прибора (вообще — условий измерения) весьма часто встречается у физиков.

Положение о принципиальной неконтролируемости взаимодействия микрообъекта и макроприбора, утверждение, что объект в квантовой механике принципиально координирован с макроприбором определенного типа и поэтому применение прибора одного типа исключает одновременное применение прибора другого типа — есть ядро принципа дополнительности. Если это положение неверно, то неверны и другие положения, входящие в «теорию дополнительности» Бора.

Прежде всего порочность принципа дополнительности заключается в том, что в нем гипертрофируется роль макроскопического прибора.

Конечно, без прибора человек не знал бы атомной области. Правда, экспериментатор не обязан всякий атомный объект измерять *непосредственно* при помощи макроприбора (о свойствах нейтрона, например, судят по результатам столкновения его с протоном), однако данные, доставляемые прибором и воспринимаемые экспериментатором, по которым он выводит суждение об исследуемых объектах, представляют собой обычно макроявления (в нашем примере о нейтроне судят по следам протона в камере Вильсона), и забывать об этом нельзя.

неопределенности Гейзенберга, названное Бором соотношением (или принципом) дополнительности». «Вестн. Ленингр. ун-та», 1949, № 4, стр. 39 (подчеркнуто мной).

[1] Там же, стр. 43.

Но то обстоятельство, что квантовая механика изучает движение атомных объектов при помощи макроскопических приборов, совсем не означает, будто бы свойства атомных объектов создаются, порождаются — пусть в несущественной, пусть в существенной части, дело от этого не меняется — приборами. Атомные объекты с их свойствами существуют независимо от человека и от приборов, хотя они могут взаимодействовать и взаимодействуют со структурными элементами последних.

Нельзя ссылаться на положение диалектического материализма о всеобщей связи и взаимообусловленности явленний в природе для подкрепления мысли о том, что в квантовой механике мы должны говорить об объекте, взаимодействующем с прибором, а не просто об объекте, как это делает В. А. Фок в указанной выше статье. Положение диалектического материализма о связи явлений трактует о том, что ни одно явление в природе не может быть понято, если взять его в отрыве от окружающих условий, которые породили это явление и с которыми оно связано. Микрообъект же,— что признает и В. А. Фок,— не порождается прибором и не связан органически с ним. В вопросе о взаимоотношении прибора и объекта специфическое заключается в том, что посредством одного тела (выступающего в этом случае в качестве прибора), взаимодействующего с другим телом, исследуется это последнее.

Взаимоотношение прибора и объекта не сводится поэтому к взаимодействию двух тел, хотя и предполагает таковое; прибор не есть поэтому, в частности, физическое тело и только, а есть физическое тело (или система тел), которое экспериментатор ставит между собой и исследуемыми телами или явлениями с целью их познания. Экспериментатор пользуется физическими свойствами того тела, которое служит прибором, чтобы, исходя из взаимодействия этого тела и исследуемых тел, осуществить свою цель. Из всего явствует, что утверждение о необходимой, органической связи объекта и прибора в процессе познания объекта в действительности только на-руку противникам материализма.

Аналогичную ошибку совершает и А. Ф. Иоффе. Правильно утверждая, что только на основе марксистского диалектического метода можно правильно поставить вопрос о взаимодействии прибора, через который мы познаем внешний мир, с явлениями этого мира, он вместе с тем выдвигает известное агностическое по существу положение копенгагенской школы: «Существуют пределы точности наших измерений, которых не может превзойти ни один реальный прибор, пределы, зависящие от свойств

изучаемого объекта, отличных от свойств материальной точки классической механики»[1].

Приборы как физические тела взаимодействуют и с атомными и с макроскопическими объектами. Физик судит об объектах по наблюдаемым результатам взаимодействия объекта и прибора, которые фиксирует прибор. Если в случае взаимодействия макрообъектов с приборами теоретический прием, который превращает пересказ о наблюдаемых явлениях в приборе в суждения об изучаемых явлениях природы, опирается на теорию ньютоновской физики, а в случае взаимодействия микрообъектов с приборами — опирается на квантовую теорию с ее волновой функцией, то основание этого надо искать не в том, что постулируются взаимоисключающие физические условия (реализованные приборами), в которых микрообъекты ведут себя по-разному (в одних условиях микрообъект ведет себя как макроскопическая частица с импульсом, в других — как макрочастица с определенной координатой). Основание здесь совершенно другое, и заключается оно в том, что микрообъектам, в отличие от макроскопических объектов, присущи реальные нераздельные корпускулярно-полевые или корпускулярно-волновые свойства.

Последнее отличие и предполагает квантовая механика в ее действительном содержании. Когда физик, следуя Бору, «совершает» мысленные эксперименты над электронами, он вынужден признать реальные факты существования корпускулярно-волновых свойств атомных объектов. Но в «теории дополнительности» это признание не является источником новых физических идей, а служит неким костылем, на который от времени до времени опирается пресловутая «принципиальная неконтролируемость». Например, Бор в своей дискуссии с Эйнштейном охотно ссылается на диффракцию электронов, разъясняя в мысленных экспериментах понятие принципиальной неконтролируемости. Без этой ссылки мысленные эксперименты Бора «не удаются»; однако факт диффракции электронов в рассуждениях Бора фигурирует только как ссылка, не более[2].

Таким образом, неправильно утверждение, будто бы в квантовой теории прибор создает состояние микрообъекта, т. е. будто бы в квантовой теории состояние представляет приборную категорию. Состояние движения микрообъектов существует независимо от человека с его измерительной аппаратурой.

---

[1] А. Ф. Иоффе. Основные представления современной физики. 1949, стр. 146.

[2] Эйнштейн, Бор и др. Квантово-механическое описание физической реальности. «Успехи физ. наук», 1936, т. XVI, вып. 4, стр. 449.

Состояние атомных объектов отличается от состояния макрообъектов, ибо движение микрообъектов в пространстве и времени нельзя отождествлять с движением макрочастиц по траекториям. Именно поэтому состояние микрообъектов характеризуется иначе, нежели состояние макрообъектов, характеризуется, как известно, при помощи волновой функции. Неверно рассматривать классическое представление о движении частиц по траектории как «истину в последней инстанции». Квантовая механика обобщает ньютоновскую, расширяет и углубляет понятие механического движения, выводя его за пределы «классических» представлений. С этой точки зрения соотношение неопределенности указывает пределы применимости «классического» представления состояния и вместе с тем не останавливается на этом и хааиктеризует специфику квантового состояния.

В этой связр остановимся на вопросе измерения в квантовой механике.

В книге Ландау и Лифшица «Квантовая механика» утверждается: «Под измерением в квантовой механике подразумевается всякий процесс взаимодействия между классическим и квантовым объектами, происходящий помимо и независимо от какого-либо наблюдателя» (стр. 13).

Прежде всего это утверждение ошибочно потому, что в нем измерение сводится к взаимодействию физических объектов. Оно ошибочно и потому, что в нем специфика взаимодействия «между классическим и квантовым объектами» отождествляется с «измерением в *квантовой механике*», которое, стало быть, качественно отличается-де от измерения в «классической» физике.

Школа Бора защищает «принципиальную неконтролируемость», т. е. положение: взаимодействие между микрообъектом и макроприбором таково, что изменение, которое вносит прибор в объект, принципиально неконтролируемо; отсюда и вытекает-де соотношение неопределенностей, с этим связана необходимость принципиальной координации микрообъекта и макроприбора и т. д., т. е. все то, что вместе с «принципиальной неконтролируемостью» отличает, по мнению копенгагенской школы, квантовую механику от ньютоновской механики.

На самом же деле вопрос обстоит совершенно иначе. Обратимся к ньютоновской физике, для чего приведем известный пример. Если мы хотим точно измерить термометром температуру воды в сосуде, то мы должны учесть тот факт, что температура воды изменяется вследствие введения в нее термометра. Но из показаний термометра, привлекая теорию тепловых явлений, мы можем сделать заключение о температуре воды до введения в нее термометра. Отличается ли в этом отношении

квантовая механика от классической теории? Нисколько не отличается. Диффракционная решетка, например, изменяет состояние электронов, переводит их в новый ансамбль (новое состояние), но по данным, доставляемым диффракционной решеткой, по диффракционной картине, мы, привлекая квантовую теорию с ее волновой функцией, можем вывести суждение о первоначальном ансамбле. Суть в данном случае заключается в том, что, *во-первых*, не измерение изменяет объект, а физическая процедура, связанная с измерением. Измерение предполагает проведение той или другой физической процедуры, но не сводится к ней, т. е. измерение для выполнения своей цели должно, кроме использования показаний прибора, привлекать также ту или другую физическую теорию, отражающую закономерности природы. Измерение в квантовой механике, как и во всей физике в целом, есть прежде всего и в последнем итоге процесс познания объектов, существующих вне и независимо от прибора, процесс познания, исходящий из явлений в приборе, возникающих благодаря его взаимодействию с исследуемыми объектами.

Ленин подчеркнул познавательное существо измерения, когда писал: «Мы не можем представить, выразить, *смерить*, изобразить движения, не прервав непрерывного, не упростив, угрубив, не разделив, не омертвив живого»[1]. Вот этого познавательного существа измерения и нельзя забывать, когда речь идет об измерении в квантовой механике, как и вообще о всяком измерении.

Во-вторых, фантастическая принципиальная неконтролируемость была придумана для того, чтобы дать философское идеалистическое «обоснование» той точке зрения, что будто бы волновая функция описывает символизируемое волной статистическое поведение микрообъекта, трактуемого школой Бора подобно *частице* ньютоновской механики. «Принципиальная неконтролируемость» и должна была дать «обоснование» этой фальшивой идее. О том, что микрообъект не является частицей ньютоновской механики, будет специально сказано дальше, а сейчас рассмотрим вопрос о наблюдателе в квантовой механике.

Как упоминалось выше, наблюдатель-субъект не играет в концепции дополнительности той решающей «философской» роли, которую ему приписывают некоторые физики и философы. Л. Ландау и Е. Лифшиц подчеркиванием того, что в кван-

---

[1] В. И. Ленин. Философские тетради, 1947, стр. 243 (курсив мой.– *М. О.*).

товой механике взаимодействие между классическим и квантовым объектами происходит вне и независимо от наблюдателя, совсем не сняли идеализма принципа дополнительности, в соответствии с которым они изложили квантовую механику. Спросим: изменится ли идеалистическое существо концепции дополнительности, если из нее выкинуть термин «наблюдатель», заменив его термином «фотоаппарат», «камера Вильсона», вообще «наблюдателя» заменить прибором?

Нет, не изменится, и это можно показать на писаниях Рейхенбаха. Этот потомственный махист, маскируясь под защитника науки, живописует о «философском мистицизме» тех авторов, которые утверждают, что в квантовой механике осуществляется идея: субъект создает объект в акте восприятия и проч. «Мы не можем признать,— пишет он,— что какая-либо версия такого философского мистицизма покоится на квантовой механике. Подобно всем другим теориям физики, квантовая механика имеет дело только с отношениями между физическими вещами; все ее утверждения могут быть сделаны без привлечения наблюдателя... Это разъясняется тем, что мы можем заменить наблюдающее лицо физическими приборами, например фотоэлектрической камерой и т. д.»[1].

Казалось бы, что Рейхенбах выступает против идеализма. На самом же деле его философская позиция оттого, что он выбросил «наблюдателя» из квантовой механики, нисколько не стала материалистической.

Известно, что, по Бору и Гейзенбергу, прибор фиксирует не объект, независимо от него существующий, а объект, координированный с прибором. Поскольку-де существует два исключающих друг друга типа приборов, измерение квантового объекта изменяет его состояние. Таким образом, в соответствии с учением копенгагенской школы, состояние — *приборная* категория (о чем говорилось выше), а волновая функция, характеризующая состояние, представляет только «запись сведений», получаемых прибором того или другого типа.

На самом же деле квантовая механика не имеет ничего общего с проделываемой копенгагенской школой субъективизацией волновой функции. Чтобы выяснить, в чем тут дело, переведем, так сказать, характеристику состояния макрочастицы, даваемую классической теорией, на язык статистики и сравним полученный результат с характеристикой состояния волновой функции в ее статистической трактовке.

---

[1] Reichenbach. Philosophic Foundations of Quantum Mechanics, 1946, p. 15.

Определение состояния частицы классической теорией на языке статистики сводится к следующему утверждению: распределение импульса и распределение координаты одного и того же статистического ансамбля совершенно не связаны друг с другом; в частности, стандарт импульса (мера статистического разброса величин) и стандарт координаты могут быть равными нулю. Характеристика же состояния волновой функцией на языке статистики означает, что распределение импульса и распределение координаты одного и того же ансамбля связаны друг с другом, причем эта связь устанавливается волновой функцией, из которой каждое распределение может быть выведено; в частности, уменьшение стандарта импульса приводит к увеличению стандарта координаты и наоборот, т. е. для одного и того же ансамбля стандарт импульса и стандарт координаты вместе не могут быть равными нулю. Последнее утверждение и есть соотношение неопределенностей. Выведение его из волновой функции представляет тот путь, на котором только и может быть раскрыто его действительное содержание. Школа Бора относит соотношение неопределенностей обычно к измерению.

Таким образом, статистический ансамбль макрочастиц (классический ансамбль) и квантовый ансамбль качественно отличаются друг от друга.

Чем обусловливается это отличие? С точки зрения копенгагенской школы — тем, что процесс измерения необходимо совершает неподдающееся учету нарушение состояния объекта, т. е. измерение будто бы уничтожает один признак и создает новый признак, по которому объединяются квантовые объекты в статистический ансамбль. Другими словами, без измерения нет свойства — по сути дела таково идеалистическое утверждение копенгагенской школы.

В действительности отличие классического и квантового ансамблей обусловливается отличием тех объектов, из которых состоит каждый из них. Микрообъекту присущи реальные, нераздельно связанные корпускулярные и волновые свойства, вследствие чего к нему неприменимо понятие траектории, и это отличие находит свое выражение в отличии микростатистики (квантовый ансамбль) от макростатистики (классический ансамбль). Представители копенгагенской школы много *говорят* о волновых свойствах микрообъектов, но в конкретном физическом исследовании волна для них только абстракция без реальности, только символ своеобразного статистического поведения *частицы*.

Необходимо со всей силой подчеркнуть, что волновые свойства электрона так же реальны, как и корпускулярные

свойства, и об этом убедительно свидетельствуют, разумеется, не мысленные эксперименты копенгагенской школы, а реальные опыты. В этом отношении особенно ярко демонстрируют природу квантовых объектов визуальные опыты академика С. И. Вавилова по флуктуации светового потока при слабых интенсивностях. Световой поток, конечно, не поток электронов, но в данном случае дело заключается не в специфике каждого из них по отношению друг к другу, а в том, что в этих опытах недостаточность, ограниченность волновой и также корпускулярной трактовок выступает буквально воочию. Оказывается, что при слабых интенсивностях света получается интерференционная картина, но с той особенностью, по сравнению с интерференционной картиной, образуемой потоком света обычной интенсивности, что, при сохранении без изменения темных полос, на месте светлых полос наблюдаются беспорядочные флуктуации, происходящие независимо в каждой полосе, т. е. световые волны существуют лишь в единстве с корпускулами фотонами, точно так же как фотоны подчиняются в своем кажущемся хаосе волновым законам[1]. То же, но уже прямо на электронах демонстрируется в опыте Л. Бибермана, Н. Сушкина и Б. Фабриканта. Из этого опыта по диффракции поочередно летящих электронов [2] вытекает заключение, что отдельный электрон — одновременно и частица и волна. Один электрон, прошедший через диффрагирующую систему, дает пятнышко (след попадания электрона), а не диффракционную картину, и, следовательно, он не представляет волнового образования. Но при достаточной продолжительности опыта поочередные беспорядочно располагающиеся пятнышки размещаются, в конце концов, так, что образуют диффракционную картину, следовательно, электрон взаимодействует не с одним или небольшим числом атомов диффрагирующей системы, как взаимодействовала бы классическая частица, а как бы взаимодействует со всей диффрагирующей системой в целом, т. е. электрон представляет волновое образование. Короче, электрон проходит через диффрагирующую систему как некая нераздельность частицы и волны.

Собственно говоря, каждый действительный опыт по исследованию квантовых свойств, например известный опыт А. Комптона, изучившего зависимость частоты рассеянных рентгеновских лучей от угла рассеяния, вообще не может быть истолкован

---

[1] См. С. И. Вавилов. Пути развития Оптического института. «Успехи физ. наук», 1936, т. XVI, вып. 7, стр. 892—894.

[2] См. статью названных авторов в «Докл. АН СССР», 1949, т. LXVI, № 2, стр. 185—186.

в рамках понятий классической физики и не вкладывается ни в чисто корпускулярное, ни в чисто волновое объяснение. Этот вопрос освещен в книге Блохинцева «Основы квантовой механики» (стр. 14), но его важная философская сторона не уяснена некоторыми советскими физиками. Так, в книге Э. В. Шпольского «Атомная физика» проводится мысль, что различные оптические явления (также и явления, связанные с движением электронов) можно рассматривать как с волновой, так и с корпускулярной точки зрения, причем «доказывается», что обе точки зрения якобы равноправны[1]. Эта мысль неверна ни философски, ни физически. Философски она неверна потому, что пролагает путь чистейшему конвенционализму современных махистов[2]. Неправильность ее с физической стороны можно показать на примере с диффракционной решеткой. Формула диффракционной решетки выводится, как известно, на основе волновых представлений. Выводя эту формулу, как думает Э. В. Шпольский, на основе также и корпускулярных представлений, он в действительности пользуется *квантовыми* представлениями (квантовыми условиями Бора, формулой импульса фотона и т. п.). Квантовые же представления не сводятся к корпускулярным представлениям, и называть квантовые представления корпускулярными, как это фактически делает Э. В. Шпольский, нельзя.

С этой точки зрения, исходящей из признания, что микрообъектам присущи как реальные свойства и корпускулярные и волновые одновременно, волновая функция отражает корпускулярно-волновую природу микрообъектов. Волново-корпускулярная природа микрообъектов сказывается также и в том, что физические величины квантовой механики, например квантовый импульс, квантовая координата, квантовая энергия, отличаются от соответствующих физических величин ньютоновской механики новыми сторонами. Физическим величинам классической механики сопоставляются «обычные» математические непрерывные величины, а квантовым физическим величинам сопоставляются так называемые линейные самосопряженные операторы, а линейные операторы отражают так называемый принцип суперпозиции состояний, раскрывающий основное свойство волновой функции. Будучи статистически истолкованной, волновая функция приводит (о чем говорилось выше)

---

[1] См. Э. В. Шпольский. Атомная физика, 1949, т. I, стр. 384—391.

[2] Например, у Рейхенбаха можно найти пространные рассуждения о том, что корпускулярная и волновая трактовка электронов в «теоретическом» отношении совершенно равноправны (см. упомянутую в тексте работу Рейхенбаха, § 7).

к характерной для квантового ансамбля связи распределений величин, соотношению неопределенностей и другим статистическим положениям, отражающим волново-корпускулярную природу микрообъектов.

Из сказанного ясно, что измерение, прибор, не «приготовляет», не создает состояния микрообъекта, а сам микрообъект не есть отдельный объект, на манер «классической» частицы, управляемый в своем движении статистикой. При помощи прибора только обнаруживается состояние квантового объекта, которое отличается от классического состояния, ибо микрообъект не движется точь-в-точь так, как классическая частица по траектории; другими словами, координация объекта и прибора не имеет никакого отношения к действительному содержанию квантовой механики.

С точки зрения тех вопросов, которые рассматриваются в настоящем очерке, имеет большое значение то направление в квантовой механике, которое за рубежом начал разрабатывать Ланжевен, а в СССР представлено К. В. Никольским, Д. И. Блохинцевым и другими. Это направление трактует современную квантовую механику как теорию статистических ансамблей. С точки зрения этой теории квантовая механика изложена в книге Д. И. Блохинцева «Основы квантовой механики».

Теория статистических ансамблей дает квантовой механике принципиальную основу, которая обеспечивает теории микроявлений развитие по материалистическому пути. Теория статистических ансамблей, выдвинув положение, что современная квантовая механика не построена на основе теории индивидуальных процессов, а оперирует с квантовыми статистическими ансамблями, отличающимися от классических статистических ансамблей, разрушила предрассудок концепции дополнительности, будто бы современная квантовая механика является теорией отдельного микрообъекта, и в связи с этим сдала в архив идеалистические представления концепции дополнительности.

Теория ансамблей, указывая направление развития современной квантовой механики, ставит задачу — дать теорию индивидуального процесса. Как пишет Д. И. Блохинцев: «Впоследствии могут обнаружиться такие новые физические явления, о которых мы сейчас и не в состоянии подозревать и которые быть может позволят построить нестатистическую теорию микроявлений»[1]. Однако вопрос этот не развернут в изложениях теории ансамблей ни у К. В. Никольского (см. «Кван-

[1] Д. И. Блохинцев. Основы квантовой механики. 1949, стр. 549.

товые процессы», 1940), ни у Д. И. Блохинцева, а это приводит к тому, что микромеханика как бы застывает на полдороге.

Например, нельзя не согласиться с Д. И. Блохинцевым, когда он пишет: «...Соотношение неопределенностей... относится к ансамблю частиц, но не к одной частице. По поводу одной частицы из этого соотношения могут быть сделаны лишь косвенные заключения»[1].

Блохинцев дает это заключение: «Именно, можно сказать, что всякая локализация частицы ведет к изменению ее импульса, которое предсказывается квантовой механикой статистическим образом. Это нарушение импульса локализацией делает невозможным применение понятия траектории к микрочастицам»[2].

Нам представляется, что уже сейчас имеется соответствующий экспериментальный материал, чтобы построить нестатистическую теорию микроявлений. И сам Д. И. Блохинцев, как и другие советские физики, начал ее строить. Речь в данном случае идет о тех новых идеях, которые связаны с созданием теории квантованного поля[3]. Эта теория по духу своему (о тех или других конкретных недостатках изложения этой теории еще говорить рано, так как теория еще создается) предполагает признание реального существования полевых (волновых) и вместе корпускулярных свойств материи, и она, надо думать, во многом снимет недоговоренности и неясности, которые сопутствуют теории ансамблей (современной квантовой механике).

Оставляя вопросы, связанные с созданием теории квантового поля, в стороне, нельзя не отметить уже сейчас (когда теория только строится), что сама реальная возможность построения этой теории должна найти отражение в современной квантовой механике, в теории ансамблей. Почему, например, как отмечает Д. И. Блохинцев: «нарушение импульса локализацией делает невозможным применение понятия траектории к микрочастицам»? Не наоборот ли? Ведь микрообъекты — это особой природы объекты, которым присущи корпускулярно-волновые свойства; понятие траектории к ним, естественно, не может быть применено, и *отсюда* уже вытекает, что локализация объекта нарушает его импульс и т. п.

Или решает ли до конца теория ансамблей вопрос о физическом смысле волновой функции? Теория ансамблей ликвиди-

---

[1] Там же, стр. 64.

[2] Там же.

[3] См. «Успехи физ. наук», 1950, т. XLII, вып. 1. Статьи Я. И. Френкеля и Д. И. Блохинцева.

ровала идеалистическое понимание волновой функции, как характеристики состояния индивидуальной атомной частицы, подчиненной статистике; волновая функция характеризует квантовый статистический ансамбль и, следовательно, является объективной характеристикой, а не приборной, о чем говорилось выше. Однако волновая функция в теории ансамблей фигурирует как *статистическая* характеристика; например, квадрат модуля этой функции $[\psi]^2$ характеризует *вероятность*, с какой можно найти координату частицы. Задача заключается в том, чтобы превратить волновую функцию из по сути математического понятия, в качестве которого она выступает в современной квантовой механике, в физическое понятие. Это будет сделано, когда теория микроявлений будет разрабатываться под знаком идеи корпускулы-поля.

Теория ансамблей всем своим содержанием привела к этой задаче, в этом ее прогрессивный смысл в развитии теории микроявлений; теория дополнительности всем своим содержанием исключает постановку такой задачи, и потому она никогда не содействовала и не могла содействовать развитию теории микроявлений, включая сюда и квантовую механику.

РОЛЬ ПРИБОРА В КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ И ПРИРОДА ЕЕ ПОНЯТИЙ

Порок концепции дополнительности заключается еще в том, что вопрос об объективном существовании реальности смешивают с вопросом о выражении этой реальности в макроскопических данных эксперимента.

Дело в том, что концепция дополнительности Бора сводит квантовое состояние к выражениям этого состояния в макроскопических понятиях. С этой боровской точки зрения физик в смысле отношения к реальности должен различать случай, когда он измеряет координату электрона, от случая измерения импульса электрона. Реальность в первом случае будто бы отлична от реальности в случае втором.

Бор, исходя из теории дополнительности, потребовал «радикального пересмотра наших взглядов на физическую реальность»[1]. Не случайно Иордан, объявивший, следуя Маху, общность результатов наблюдений «настоящей физической реальностью», а объективность — производным от своей «физической реальности» понятием, рассматривает «установление допол-

[1] Н. Бор. «Успехи физ. наук», 1936, т. XVI, вып. 4, стр. 457.

нительности» как «философски наиболее важное событие, выкристаллизовавшееся из современной квантовой механики».

В действительности физика, как и любая другая наука, имеет дело с объективной реальностью, с ее разнообразными проявлениями. Коренной пересмотр установившихся определенных физических представлений и замена их новыми представлениями только подтверждает основное положение материализма о том, что, независимо от физика, существует объективная реальность, отражаемая все точнее и полнее физическими представлениями о ней.

Отдельные советские физики, которые отдавали дань концепции дополнительности, в той или другой форме принимали и ложную идею «физической реальности» Бора. Так, М. А. Марков пытался различать «объективную реальность» от «физической реальности квантовой теории», определяя последнюю как «макроскопическую форму проявления реальности микромира», как «макроскопическую форму отражения микромира»[1]. Статья М. А. Маркова подверглась справедливой критике в советской печати. Точно так же В. А. Фок в своем предисловии к дискуссии между Эйнштейном и Бором [2] принял без критики боровское изложение вопроса о физической реальности. В статье «Основные законы физики в свете диалектического материализма»[3] В. А. Фок пытался критически разобрать эту допущенную им ошибку. Однако он не раскрыл того, что боровское понимание физической реальности проистекает из принципа дополнительности. Критика идеалистической точки зрения Бора на физическую реальность неотрывно должна быть связана с критикой принципа дополнительности, чего как раз в названной статье В. А. Фока нет.

Все, о чем говорилось выше, имеет непосредственное отношение к вопросу о так называемой особой роли прибора в квантовой механике и к вопросу о том, что «классическая» физика остается будто бы той неизбежной рамкой, исходя из которой вообще становится возможным проникновение в область атомных явлений.

Концепция дополнительности обычно сливает эти два вопроса, которые на самом деле должны различаться и рассматриваться каждый в отдельности.

Физик строит свои теории, исходя из воспринимаемых органами чувств показаний приборов, по которым он выводит

[1] См. «Вопросы философии», 1947, № 2, стр. 164—165.
[2] «Успехи физ. наук», 1936, т. XVI, вып. 4, стр. 436
[3] «Вестн. Ленингр. ун-та», 1949, № 4.

суждение о том, что представляет собой исследуемый объект. Именно поэтому тот факт, что приборы обычно подчиняются законам «классической» физики, нисколько не мешает человеку познавать явления, которые не охватываются «классической» физикой, выработав для них соответствующие их природе понятия.

Человек как познающий субъект не есть ни механическое, ни микро-, ни макросущество. Приборы, при помощи которых человек преодолевает ограниченность своих органов чувств, действуют на «выходе» макроскопически или даже механически. Однако этот факт не означает, что человек обязан окрашивать все и вся в «макроскопические» краски. Существенно иметь в виду, что между чувственно воспринимаемым показанием прибора и действительным результатом измерения необходимо лежит сложный теоретический процесс, который только и в состоянии превратить простой пересказ о наблюдаемых в приборе явлениях в суждения об объективных явлениях природы, существующих независимо от прибора. И это относится ко всем физическим, в том числе и микроскопическим явлениям, которые изучаются человеком при помощи приборов.

Только идеалист, вроде Рэссела. Карнапа или Эддингтона, будет утверждать, что в теории электричества исследуется не напряженность поля или потенциал, а сила и работа или даже отклонение указателя гальванометра и расхождение листочков электроскопа. Без использования импульса или координаты нельзя определить состояние в квантовой механике, но это состояние не сводится к «классическим» величинам.

Таким образом, для построения квантовой механики в ее подлинном содержании макроприбор совсем не существенен в *смысле копенгагенской школы*. Состояние атомного объекта не создается прибором, не есть отношение атомного объекта к макроприбору, не есть «запись сведений о состоянии», так сказать сделанная макроприбором; состояние микрообъекта существует независимо от прибора и его отношения к микрообъекту, обнаруживается в этом отношении, получая выражение через одни или другие «классические» величины в зависимости от макроприборов, при помощи которых фиксируется состояние микрообъектов.

Такова относящаяся к прибору сторона рассматриваемого вопроса.

Рассмотрим теперь вопрос, действительно ли квантовая механика нуждается для своего обоснования в классической механике.

Потребуется ли квантовой механике в качестве обоснования ньютоновская механика в том случае, если квантовая механика будет изложена в соответствии не с боровской концепцией дополнительности, не с идеей координации атомного объекта и макроприбора, а с идеей реальности волново-корпускулярных свойств атомных объектов?

Ответ на эти вопросы в общем плане ясен. Но, разумеется, каждый из поставленных вопросов должен быть проанализирован специально и конкретно. Несомненно, что квантовая механика в ее действительном содержании не имеет ничего общего с концепцией дополнительности, которая вопрос о роли прибора в физике и вопрос о применении понятий ньютоновской физики к атомным явлениям поставила на голову.

Вообще, если квантовая механика (это относится к любой физической теории) не может обойтись без макроскопических приборов, то отсюда совсем не вытекает, что в основе квантовой механики должны лежать классические понятия.

Неверно утверждение, будто квантовая механика очерчена пределами классических понятий, неверно также утверждение о том, будто квантовая механика только устанавливает границы применимости классических (корпускулярных или волновых) понятий к микроявлениям. Квантовая механика не была бы тем, чем она есть, т. е. не отображала бы волново-корпускулярное существо микроявлений, если бы она не ввела таких новых понятий, как состояние атомного объекта, характеризуемое волновой функцией, как линейный самосопряженный оператор, сопоставляемый физической квантовой величине и т. п. Другое дело, что процесс раскрытия физического смысла новых понятий квантовой механики еще не завершен, что понятия современной квантовой механики, в силу исторических условий ее развития, толкуются физиками на «классический» макроскопический лад. Дальнейшее развитие теории микроявлений ведет к тому, что эти ограниченности современной квантовой механики (ее статистичность, например) будут преодолены.

В связи с вопросом об «особой» роли прибора в квантовой механике следует остановиться на некоторых высказываниях Э. В. Шпольского. С одной стороны, Э. В. Шпольский совершенно правильно утверждает, что электрон *по самой своей природе* есть объект, которому не свойственна классическая характеристика состояния. С другой стороны, он пишет: «...*тем не менее мы стремимся описывать поведение электрона в терминах классической механики*», так как вопрос о протекании объективного процесса в пространстве и времени «мы ставим, пользуясь в конечном счете приборами, представляющими

собой макроскопические тела»[1]. Далее Э. В. Шпольский резюмирует: «Само собой разумеется, что и поведение исследуемых микрочастиц нам необходимо описывать в той же пространственно-временной системе отсчета, пользуясь теми же понятиями классической механики, с помощью которых мы описываем нашу макроскопическую установку» [2]. Соотношение неопределенностей и указывает, по мнению Шпольского, границу применимости классического описания.

Таким образом, по мысли Э. В. Шпольского, пользование классическими понятиями — это характерная черта квантовой механики, и необходимость этого пользования определяется тем, что прибор представляет собой макроскопическую систему. В этом вопросе Э. В. Шпольский неправ, что явствует из сказанного выше о роли прибора в квантовой механике. Здесь подчеркнем, что смысл квантовой механики с ее соотношением неопределенностей он видит в том, что это соотношение ограничивает применимость к микрочастицам понятий ньютоновской механики и только. Э. В. Шпольский не идет дальше этого и потому из рамок принципа дополнительности он фактически все же не выходит.

ВОПРОСЫ СТАТИСТИКИ И ПРИЧИННОСТИ В СОВРЕМЕННОЙ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ

Современная квантовая теория — статистическая теория. Это значит, что ее положения относятся либо к совокупности опытов над многими тождественными атомными объектами, либо к совокупности повторных опытов над одним и тем же атомным объектом. Но с этой точки зрения и ньютоновская механика может быть названа статистической теорией, ибо ее положения можно рассматривать как положения, относящиеся к совокупности повторных опытов над одним и тем же макроскопическим объектом. Повторность опыта — необходимая предпосылка всякой физической теории.

Суть дела, однако, заключается, — как подчеркнул Л. И. Мандельштам, — в следующем. Согласно ньютоновской механике, возможны сколь угодно узкие распределения для всех исследуемых величин; квантовая механика последнее отрицает. Таким образом, различие между ньютоновской и квантовой механикой заключается не в том, что одна из этих теорий

---

[1] Э. В. Шпольский. Атомная физика. 1949, т. I, стр. 426 (курсив мой.— *М. О.*).

[2] Там же.

статистична, а другая нет, различие заключается в типе статистики.

Чем же определяется различие в типе статистики? Как было выяснено выше,— различием макро- и микрообъектов, и, значит, надо всячески подчеркнуть, что никакое статистическое исследование макроскопических частиц не может передать характерных особенностей, например, явления диффракции электронов.

Метафизика и идеализм концепции дополнительности заключается в том, что ею квантовая механика объявляется теорией единичного микрообъекта, отождествляемого с частицей, поведение которой подчинено волновым законам вероятностей, в том, что она обряжает волновую функцию в понятия корпускулярной механики и, пытаясь, так сказать, формально узаконить этот выпад против диалектики, приходит к «принципиальной неконтролируемости», «принципиальной координации» макроприбора и микрообъекта и т. п. Подчеркнем еще раз, что, согласно копенгагенской школе, реально существующие электроны, протон и т. д. суть *только* частицы, а волны имеют в известном смысле лишь символическое значение и являются просто выражением своеобразных законов движения *частицы*, т. е. квантовая механика в трактовке и изложении Бора — это корпускулярная интерпретация микрообъектов.

Короче говоря, концепция дополнительности проводит в квантовой механике идеалистическую идею о микрообъекте, как отдельной частице, статистическое поведение которой символизируется волной, и не признает реального существования микрообъекта с его реальными корпускулярно-волновыми или корпускулярно-полевыми свойствами.

Из всего сказанного выше о теории дополнительности и теории ансамблей явствует, что эти теории стоят на противоположных позициях и в вопросе о статистике в квантовой механике. Существенное отличие концепции дополнительности и теории квантовых ансамблей заключается в том, что, согласно концепции дополнительности, причиной статистического характера большинства утверждений квантовой механики является принципиально неконтролируемое нарушение состояния объекта, вызываемое измерением; согласно же теории ансамблей, современная квантовая механика с самого начала имеет дело с квантовыми статистическими ансамблями. Но в таком случае возникают вопросы: какова природа объектов, которые конституируют квантовый статистический ансамбль, каково поведение отдельного микрообъекта? Концепция дополнительности, в соответствии со своими идеалистическими установками, увела их от правильного решения вопросов в идеалистическую

трясину. Теория ансамблей привела к этому решению, ибо она принимает, что свойства микрообъектов находят свое отражение в свойствах ансамблей, о которых говорит опыт. Но теория ансамблей, естественно, не может решить эти вопросы, тем более что она отражает микроявления через корпускулярные понятия. Правильное решение этих вопросов будет дано в связи с дальнейшим развитием теории микроявлений, над чем работают сейчас физики.

Новая физика всем своим содержанием поставила в числе других вопросов также вопрос о связи и единстве статистических закономерностей и закономерностей единичных явлений. Современные идеалисты, включая и «физических» идеалистов, неправомерно противопоставляют эти закономерности друг другу, пытаясь уничтожить материалистическое учение о причинности. В этом отношении показательны высказывания и соответствующие идеалистические выводы таких зарубежных ученых, как, например, Шредингер или Нейман, а также философа Рейхенбаха, о котором упоминалось выше.

Ссылаясь на некоторых авторов, Шредингер в докладе «Об индетерминизме в физике» (1932) указывает, что задолго до появления современной квантовой механики могли возникнуть сомнения в правильности детерминизма. По его мнению, ничего будто бы не изменилось в физике от того, если результат столкновения двух молекул считать детерминированным (хотя мы и не знаем, попадет ли одна молекула в другую несколько левее или правее) или если этот результат (при соблюдении так называемых балансовых законов, например закона сохранения энергии) рассматривать как первоначально недетерминированный.

То же повторил и Рейхенбах в цитированной выше работе: «Идея детерминизма... — писал он,— оказалась под вопросом, как только выяснилось, что макроскопическая регулярность совместима с иррегулярностью в микроскопической области»[1].

Нейман в книге «Математические начала квантовой механики» в следующих словах подытожил вопрос о причинности в физике:

«...В макроскопической области не имеется никакого опыта, подкрепляющего причинность, да и не может быть никакого опыта, ибо кажущийся причинный порядок устройства мира вообще (т. е. видимых невооруженным глазом объектов) не имеет, конечно, другой причины, чем „закон больших чисел" совершенно

[1] Reichenbach. Philosophic Foundations of Quantum Mechanics, 1946, p. 7.

независимо от того, являются ли законы, регулирующие элементарные процессы (т. е. истинные законы природы), причинными или нет. То, что макроскопически равные объекты макроскопически одинаково ведут себя, имеет мало общего с причинностью, ведь они отнюдь не равны, ибо координаты, которые точно определяют состояние их атомов, почти никогда не совпадают, и макроскопический способ рассмотрения усредняет эти координаты (здесь они являются „скрытыми" параметрами); однако число их громадно (в 1 г вещества около 10^{25}) и потому это усреднение влечет за собой, согласно теоремам исчисления вероятностей, значительное уменьшение рассеиваний. (Все это так — только в общем, в особенных же случаях, например в броуновском движении... эта кажущаяся макроскопическая причинность оказывается несостоятельной)».

И далее Нейман заканчивает: «Только в атомных, самых элементарных процессах вопрос о причинности мог бы быть действительно проверен, но при современном состоянии нашего знания этому все противоречит, ибо... квантовая механика находится по отношению к причинности в логическом противоречии. Было бы, разумеется, преувеличением утверждать, что причинность этим устраняется; квантовая механика в ее современной форме, конечно, полна пробелов и, может быть, даже ложна, хотя последнее... просто невероятно. Несмотря на то, что квантовая механика блестяще согласуется с опытом ... мы никогда не можем сказать о какой-либо теории, что она доказывается опытом; мы можем только сказать, что она является его лучшим известным нам кратким обобщением. Но при соблюдении всех этих оговорок, мы все же осмеливаемся сказать: в настоящее время нет ни повода (Anlass), ни оправдания для того, чтобы говорить о причинности в природе, ибо ее существование не опирается на опыт, так как макроскопические явления для этого принципиально непригодны, а единственная известная теория, которая совместима с нашим опытным знанием об элементарных процессах — квантовая механика — противоречит ей»[1].

Мы специально привели большую выдержку из Неймана, чтобы рельефнее вскрыть, как метафизик, не могущий сладить с диалектикой причинности объективного мира, впадает в идеализм. Каковы пороки точки зрения Неймана на причинность, которые использовал идеализм и которые мешают развитию квантовой механики?

---

[1] J. Neumann. Mathematische Grundlagen der Quanten Mechanik. 1932, стр. 172—173.

Во-первых, Нейман связывает статистические закономерности или с «недостаточным знанием» изучаемых объектов (отсюда «скрытые параметры»), или с индетерминизмом.

Во-вторых, он пытается свести статистическую закономерность к закономерности индивидуального процесса, и, когда эта операция не удается, Нейман объявляет, что якобы, согласно современной науке, в природе господствует статистическая закономерность и, следовательно, в настоящее время нельзя утверждать существование причинности в природе.

В-третьих, Нейман усматривает основу закономерности микроявлений в «законе больших чисел». Но на что опирается закон «больших чисел»— этот вопрос он оставляет открытым, вернее склоняется, со всякими оговорками, к тому взгляду, что в настоящее время этого вопроса решить нельзя.

В-четвертых, по Нейману, современная квантовая механика либо, может быть, не верна, либо, если верна, то покончила с причинностью, ибо современная квантовая механика несовместима с признанием существования «скрытых параметров».

Оставляя в стороне другие моменты порочной точки зрения Неймана на причинность в новой физике (например, его идеалистическое понимание взаимоотношения опыта и теории), критически рассмотрим позицию Неймана, тем более что многие физики так или иначе эту позицию разделяют.

Теория вероятностей, на которую опирается статистика, занимается, как известно, общими закономерностями массовых явлений. Именно поэтому физическое учение о материи не может обойтись без статистики, так как, согласно атомистике, которая лежит в основе учения о строении материи, макротело конституируется из множества микротел. С этой точки зрения, например, переход от атомных явлений к молекулярным или от молекулярных к макроскопическим явлениям может быть совершен только при помощи статистики.

Отсюда понятно, что, согласно кинетической теории газов, поведение газа как целого, состоящего из огромного множества молекул, отличается от поведения отдельной молекулы. Статистическая закономерность, имеющая дело со «средними», не тождественна закономерности, которой подчинена индивидуальная молекула. «...Средняя величина,— писал Маркс,— есть всегда средняя многих различных индивидуальных величин одного и того же вида»[1]. Средняя, таким образом, количественно выражает не то особое, что отличает одну индивидуальную величину от других, а выражает видовое индивидуальных величин, т. е. то,

[1] К. Маркс. Капитал, т. I, 1949, стр, 329.

что объединяет эти величины, делает их величинами одного и того же вида. Это означает в нашем примере с газом, что молекула, которая давит на стенку сосуда, давит на нее не как индивидуальная молекула, а как молекула, входящая в состав множества других молекул, т. е. она функционирует как некоторая средняя молекула. Макроскопическое давление и есть сила, действующая на поверхность стенки со стороны всех молекул газа. Если число молекул достаточно велико, то давление газа на стенки сосуда в обычных условиях постоянно (закон Паскаля); когда научились изолировать относительно небольшие количества молекул, то были открыты так называемые флуктуации давления, уклонения от закона Паскаля. Физическая статистика Максвелла — Больцмана позволяет решать все относящиеся сюда вопросы.

На этом примере можно убедиться в том, что полное или неполное знание поведения отдельной структурной единицы некоторого тела не имеет прямого отношения к вопросу о познании этого тела как целого. Знание закономерностей массовых явлений не может опираться на «недостаточность знаний» об индивидуальных процессах; эта мысль развивается советской наукой в изложении теории вероятностей[1]. Те, которые усматривают предпосылки статистической закономерности в «недостаточной информации» об отдельных элементах, составляющих статистический ансамбль, совершают такую же идеалистическую ошибку, как и те, которые смешивают вопрос об объективном существовании причинных связей природы с вопросом о точности нашего знания этих причинных связей. Ленин писал: «Действительно важный теоретико-познавательный вопрос, разделяющий философские направления, состоит не в том, какой степени точности достигли наши описания причинных связей и могут ли эти описания быть выражены в точной математической формуле,— а в том, является ли источником нашего познания этих связей объективная закономерность природы, или свойства нашего ума, присущая ему способность познавать известные априорные истины и т. п.»[2].

Отсюда следует, что вопрос о «скрытых параметрах» не имеет никакого отношения к утверждению, что современная квантовая механика будто бы покончила с причинностью.

Нейман доказал, что нельзя дополнить квантовую механику «скрытыми параметрами» таким образом, чтобы изжить соотношение неопределенностей. Но из доказательства Неймана совсем

---

[1] См., напр. Б. В. Гнеденко. Курс теории вероятностей. М.—Л., 1950.

[2] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 146—147.

не вытекает, что современная квантовая механика, как думает Нейман, принципиально индетерминистична и, чтобы сделать теорию атомных явлений детерминистической, надо создать совершенно новую теорию, а современную квантовую механику сдать в архив. Вместе с тем, это не означает также, что современная квантовая механика совпадает с идеалистически-махистской трактовкой и с изложением ее копенгагенской школой. Дело в том, что, по Бору, статистический характер поведения микрообъекта обусловливается «принципиальной неконтролируемостью», и именно поэтому статистический, органически связанный с «дополнительностью» метод описания микроявлений имеет универсальное, раз навсегда данное значение. По Нейману же, принципиальная статистичность присуща современной квантовой механике потому, что в ней невозможны «скрытые параметры», а невозможность последних вытекает из «невозможности в квантовой механике физических величин, кроме тех, которые представлены операторами»; однако в будущем, по Нейману, возможна никак не связанная с современной квантовой механикой нестатистическая теория микроявлений (по Нейману, теория не доказывается опытом, а только согласуется с ним).

Развитие науки приведет, несомненно, к открытию новых физических величин, которым будут сопоставляться не непрерывные величины (как в ньютоновской физике) и не операторы (как в квантовой механике); это открытие отразится на квантовой механике, но отразится не в том смысле, что якобы придется выбросить из обихода физики соотношение неопределенностей. Это соотношение, по справедливому замечанию С. И. Вавилова,— только приблизительная веха познания природы прогрессирующей наукой; оно, как и всякое другое правильное физическое положение,— относительная истина, содержащая в себе вместе с тем зерно абсолютного познания природы человеком.

Вопросы, рассмотренные выше, так или иначе упираются в вопрос о взаимоотношении статистической закономерности и закономерности индивидуального явления. Для выяснения последнего вопроса огромное значение имеют, кроме философских положений Маркса и Энгельса, Ленина и Сталина о причинности, необходимости и случайности, также высказывания их по экономической статистике.

Метафизик-идеалист утверждает, что отклонениями индивидуальных величин от средней величины управляет закон больших чисел. Маркс утверждает в данном случае совершенно другое; он объясняет, например, регулярность, с которой урав-

новешиваются колебания цен не «статистической закономерностью», а законом самого явления, в данном случае законом стоимости. Маркс пишет: «...Если ни в одном конкретном случае спрос и предложение не покрываются, то отклонения от равенства следуют друг за другом таким образом..., что, если рассматривать итог движения за более или менее продолжительный период, спрос и предложение всегда взаимно покрываются; однако результат этот получается лишь как средняя уже истекшего движения и лишь как постоянное движение их противоречия. Этим путем рыночные цены, отклоняющиеся от рыночных стоимостей, уравниваются и дают среднюю, совпадающую с рыночной стоимостью, причем отклонения от этой последней взаимно уничтожаются как плюс и минус»[1].

И далее Маркс обращает внимание на то, что изменение в стоимости изменяет спрос и, следовательно, отношение спроса к предложению; это изменение спроса может вызвать изменение предложения, а это доказывает, что не стоимость регулируется отношением спроса и предложения, а, наоборот, сама стоимость регулирует эти отношения [2].

Таким образом, если, согласно Нейману и другим «физическим» идеалистам, макроскопическую закономерность «объяснять» законом больших чисел, то это значит отрицать внутреннюю необходимость, которая управляет колебаниями вокруг средней, а главное, заранее отказаться от объяснения этой необходимости. С этой порочной, односторонне статистической точки зрения получается, в конце концов, что классическая кинетическая теория материи, например, покоится исключительно на статистике, квантовая механика покоится тоже только на статистике, что в мире нет необходимости и причинности или во всяком случае нельзя доказать их существования, если не вообще, так по крайней мере при современном состоянии науки.

Но если физика опирается на статистику и только, то как тогда объяснить, что термодинамика пользуется статистикой Максвелла — Больцмана, а при исследовании так называемого черного излучения или так называемого электронного газа в металле статистика Больцмана отказывается служить и заменяется статистикой Бозе — Эйнштейна или статистикой Ферми? Вообще каковы основания выбора статистики, выбора равновероятных случаев? Теория вероятностей с ее «средними»

---

1 К. Маркс. Капитал, т. III, 1951, стр. 197—198.
2 См. там же, стр 198.

и т. д. сама по себе не дает ответа на эти вопросы. Только особенностями объектов, которые конституируют статистический ансамбль, определяется выбор той или другой статистики, выбор равновероятных случаев и т. д. Статистический ансамбль *электронов* не то же самое, что статистический ансамбль *фотонов*, не говоря уже о том, что статистический ансамбль *макрочастиц* отличается от соответствующих ансамблей и электронов и фотонов

Конечно, кинетическая теория газов, например, не просто исходит из того, что молекулы движутся согласно механике Ньютона, но вводит добавочные статистические предложения, вроде гипотезы о молекулярном беспорядке. *Но* — и это необходимо подчеркнуть — эти добавочные статистические предложения предполагают (учитывая определенные эмпирические данные) признание правильности той же ньютоновской механики; так, установление равномерного распределения скоростей молекул по всем направлениям обусловлено тем обстоятельством, что молекулы взаимодействуют между собой в соответствии с законами Ньютона.

Таким образом, если знание физических закономерностей о строении материи опирается на статистические представления, то, с другой стороны,— и это решает вопрос,— сами статистические представления, *чтобы они служили физике*, должны опираться на знание физических закономерностей.

Вообще выпячивание и универсализация утверждения: свойство и поведение макротел объясняются свойствами конституирующих их объектов, которым приписывается поведение макротел, так же неверно, как неверно выпячивание и универсализация утверждения: свойства и поведение макротел объясняются свойствами конституирующих их объектов, которые подчиняются другим законам, чем макротела.

Прежде всего опыт доказывает правильность в определенных условиях и первого и второго утверждения: нельзя, например, сбрасывать со счетов достижения классической кинетической теории материи, а вместе с тем нам известно об отличии квантовых законов от законов ньютоновской физики.

Далее,— и это главное,— закономерности массовых явлений и закономерности индивидуальных явлений так же едины и одновременно отличны друг от друга, как случайность и внутренняя необходимость, индивидуальность и вид, дискретность и непрерывность, отдельное и общее. Отделять их друг от друга можно только в абстракции. И потому, когда исследуется определенный процесс со стороны своей сущности и вместе со стороны проявлений этой сущности, т. е. исследуется в целом, то проти-

вопоставление или сведе́ние одна к другой статистической закономерности и закономерности динамической (как принято говорить у физиков) одинаково противоречит пониманию природы, как она есть, и ведет к идеализму.

Проще всего это можно показать на следующих примерах. Классическая термодинамика и статистика Больцмана неотрывны, поскольку статистика Больцмана, исходящая из представления о движущихся по законам ньютоновской механики молекул, позволяет получить законы классической термодинамики. Средняя энергия макроскопической системы, вычисленная в соответствии с положениями статистической механики, тождественна с термодинамической внутренней энергией (ср. у Маркса: «...Закон возрастания стоимости вообще реализуется для отдельного производителя полностью лишь в том случае, когда последний производит как капиталист, употребляет одновременно многих рабочих, т. е. уже с самого начала приводит в движение средний общественный труд»)[1].

На основе статистики Больцмана (признающей, как известно, что движущиеся молекулы — эти движущиеся макротельца) были получены так называемые классические законы распределения энергии в идеальных газах, подтвержденные опытом для одноатомных газов. Однако, как уже указывалось, статистика Больцмана, примененная к электронам в металле, не давала правильных результатов так же, как, будучи примененной к фотонам черного излучения, она дала формулу Вина, которая совпадает с опытом только для коротковолнового участка спектра. Отсюда следует, что поведение отдельных электронов и фотонов не подчиняется механике Ньютона, т. е. ни электроны, ни фотоны не являются уменьшенными подобиями макротел (как думал, например, Ньютон в отношении световых корпускул).

Хотя исторически процесс разрешения всех этих вопросов шел совсем не так гладко, как здесь описывается, однако и исторически и логически развитие познания шло таким образом, что только квантовая теория распутала клубок относящихся сюда проблем, реализовав в физике ту существенную в данном случае идею, что микрообъекты подчиняются другим законам, нежели макрообъекты. Квантовая механика ввела так называемый принцип тождественности макрообъектов одного сорта, приведший, с одной стороны, к статистике Бозе — Эйнштейна, с другой — к статистике Ферми — Дирака, результаты применения которых были подтверждены опытом.

---

[1] К. Маркс. Капитал, т. I. 1949, стр. 330

Достижения новых физических статистик по-своему доказывают, что микрообъекты имеют природу, отличную от природы макрообъектов. В самом деле, в противоположность ньютоновской физике, которая считает, что частицы одного сорта, входящие в одну совокупность, можно, хотя бы в принципе, отличать друг от друга, квантовая механика полагает, что нет признаков, по которым, например, в многоэлектронной системе один электрон можно было бы отличить от другого. Принцип тождественности микрообъектов образно выразил Эйнштейн словами: «нельзя выкрасить один электрон в красную краску, а другой в зеленую»; принцип тождественности собственно говорит о том, что электрон, входящий в совокупность электронов, не обладает индивидуальностью.

На принцип тождественности микрообъектов одного сорта опирался Ланжевен, когда разоблачал, как он прекрасно выразился, «интеллектуальный разврат» копенгагенской и других физических идеалистических школ. Ланжевен указал, что произвольное введение правильного для старой физики понятия индивидуальности в область микроявлений привело к трудностям в развитии квантовой механики. Он правильно усматривал выход из этих трудностей в раскрытии особенностей микрообъектов.

Материалистический подход Ланжевена противоположен идеалистическому подходу Гейзенберга, Бора, Эддингтона и им подобных буржуазных ученых, которые, ратуя за пересмотр «физической реальности», не только не разрешили трудностей квантовой механики, а, наоборот, усилили их. Отказ от понятия индивидуальности в применении к микрообъектам одного сорта означает в своей положительной форме признание волново-корпускулярной природы микрообъектов и только в свете этого признания он может быть правильно понят. Почему электроны в многоэлектронной системе лишаются индивидуальности, самостоятельности, почему состояния совокупности электронов (это относится и к другим микрообъектам одного сорта) таковы, что можно говорить только о состоянии всей совокупности в целом, а не об индивидуальных состояниях электронов? Это уясняется из того, что волновые пакеты соответствующие микрообъектам, расплываясь с течением времени, перекрываются и, исследуя область перекрывания волновых пакетов, нельзя уже решить, имеем ли мы дело с тем или другим или третьим волновым пакетом.

Таким образом, особенности новых статистик находят свое основание и в особенностях объектов, конституирующих соответствующий статистический ансамбль. Задача и заключается

в том, чтобы выяснить содержание последних особенностей. Квантовая механика выполняла эту задачу, однако она выполнила ее, быть может, только наполовину. Дело в том, что современная квантовая механика в обычном ее понимании отвергает не столько существование микрообъектов — корпускул, сколько корпускулярные законы движения частиц, заменяя эти законы волновыми законами движения частиц. Такая трактовка микрообъектов производила странное впечатление: с одной стороны, микрообъект — частица, с другой стороны — эта частица не имеет одновременно скорости и координаты. Эта недоделанность квантовой механики была возведена в абсолют копенгагенской школой: частица управляется волновыми законами вероятностей и т. д. Механика микрообъектов должна разрабатываться также и с волнового, если можно так выразиться, конца; она должна исходить из признания, что микрообъекты обладают реальными волновыми свойствами. Начало реально волновому пониманию механики микрообъектов положил, как известно, де-Бройль, однако дальнейшее развитие микромеханики пошло вновь по старому корпускулярному руслу Планка и Бора, вложив, правда, в корпускулярные представления чуждый «классической» механике и физически темный смысл. Неудача попытки де-Бройля дать реально-волновое толкование механики, неудача, объясняемая определенными причинами (о чем говорилось выше), совсем не означает, что наука никогда не вернется к реально-волновому пониманию микрообъектов, учтя плюсы и минусы своего исторического развития. Такой момент, видимо, наступил. Надо думать, что разработка микромеханики с волнового конца приведет также к построению релятивистской квантовой механики (мне кажется неслучайным тот факт, что вывод известного постулата де-Бройля обязан рассуждениям, основанным на теории относительности).

Таким образом, разработка микромеханики с волнового конца немыслима без признания волновых и корпускулярных свойств движущихся микрообъектов как нераздельно существующих реальных свойств.

Я. П. ТЕРЛЕЦКИЙ

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ

1. В современной теоретической физике важнейшее место занимают проблемы дальнейшего развития квантовой теории, т. е. физической теории движения объектов мира атомов, участвующих в атомных процессах, характерной чертой которых является прерывный, или квантовый характер.

Принципиальные проблемы квантовой теории неоднократно обсуждались на страницах советских научных и общественно-политических журналов. Особый интерес к этим проблемам определяется главным образом теми гносеологическими выводами, которые делаются в связи с квантовой теорией. Выводы квантовой теории используются идеалистами всех мастей для обоснования агностицизма — злейшего врага подлинной науки.

Задачей советских физиков является разоблачение всех и всяческих попыток обоснования идеализма и дальнейшее творческое развитие квантовой теории на основе диалектического материализма. Критическое обсуждение вопросов квантовой теории с привлечением широкого круга физиков и философов будет способствовать решению этих насущных для советской науки задач.

Дискуссия[1] по принципиальным вопросам квантовой механики с полной очевидностью показала реакционную сущность принципа дополнительности, сформулированного для истолкования квантовой механики в махистском духе.

В современной атомной физике установлено, что квантовые объекты не отображаются полностью в понятиях макроскопической физики, что электрон или другая элементарная частица не может рассматриваться как материальная точка, движущаяся по законам механики Ньютона и что привычные механические понятия только с известными ограничениями применимы к микрообъектам в рамках статистической теории.

---

[1] См. «Вопросы философии», 1947, № 2; 1948, № 3.

Согласно же принципу дополнительности, ни в каких иных понятиях, кроме макроскопических, квантовые объекты не могут быть представлены, ибо человек непосредственно не ощущает квантовых объектов и судит о них только по показаниям макроскопических приборов, т. е. по макроскопическим ощущениям. Отсюда действительная ограниченность макроскопических представлений о микромире изображается как якобы неизбежная «дополнительность» в описании микрообъектов. Считается, что различные макроскопические представления и понятия находятся в попарных, дополнительных отношениях так, что возможно применять либо одно, либо другое из дополнительных представлений, но не оба одновременно. Так, например, согласно принципу дополнительности, электрон в зависимости от нашего желания может быть представлен либо как имеющий координату, либо как имеющий импульс, но не то и другое вместе. При этом считается бессмысленным даже задаваться вопросом, в каком же состоянии электрон находится в действительности, вне зависимости от нашего желания представить его в том или ином виде.

По этой теории, в дополнительных соотношениях считаются находящимися, с одной стороны, пространственно-временное, а с другой — причинное изображения поведения микрообъектов.

Ясно, что в основе принципа дополнительности лежит субъективно-идеалистическое представление о том, что в нашем сознании не может содержаться ничего большего, кроме непосредственных ощущений.

Ясно также, что на основании принципа дополнительности могут быть сделаны идеалистические выводы об индетерминизме атомных явлений, о существовании квантовых объектов только в процессе наблюдения их и тому подобные нелепости.

В результате дискуссии было окончательно выяснено, что принцип дополнительности — не физический, а философский принцип, служащий идеализму и поставляющий ему материал для борьбы против материализма. Дискуссия показала, что принцип дополнительности находится в противоречии с подлинным содержанием квантовой механики и препятствует дальнейшему ее развитию.

По окончании дискуссии прошло более трех лет. За это время появился ряд работ советских физиков по принципиальным вопросам квантовой теории. Основательная критика истолкования квантовой механики в духе принципа дополнительности дана в учебнике Д. И. Блохинцева «Основы квантовой механики». Там же сделана попытка раскрыть материалистическое содержание квантово-механической теории как теории

статистических ансамблей. В журнале «Успехи физических наук» за 1950—1951 гг. появилась серия статей Д. И. Блохинцева и Я. И. Френкеля, обсуждающих новые варианты квантовой теории полей с целью выяснения возможностей развития квантовой теории на материалистической основе. Все это свидетельствует о стремлении наших ученых порвать с идеалистической трактовкой квантовой механики и перестроить ее на основах диалектического материализма.

2. К сожалению, материалистическая перестройка и дальнейшее творческое развитие квантовой теории в значительной мере тормозятся позицией, занятой некоторыми нашими руководящими физиками-теоретиками, пытающимися вновь оживить отброшенный советской наукой принцип дополнительности. Так, например, академик В. А. Фок пытается доказать, что принцип дополнительности эквивалентен соотношению неопределенностей[1]. Но поскольку соотношение неопределенностей является хорошо проверенным на опыте физическим законом, его отождествление с философским принципом дополнительности представляет собой прямую защиту последнего.

В роли защитника принципа дополнительности академик В. А. Фок выступил также при редактировании вышедшей в 1950 г. монографии Н. С. Крылова «Работы по обоснованию статистической физики». Эта монография издана посмертно. Помимо вполне законченного произведения — докторской диссертации Н. С. Крылова, посвященной оригинальному исследованию процесса релаксации статистических систем, в монографию включены незаконченные наброски задуманного Н. С. Крыловым произведения «Обоснование статистической физики».

В оставшихся после смерти Н. С. Крылова фрагментах этого произведения содержится много оригинальных мыслей. Однако вопросы квантовой статистики трактуются там с позиций принципа дополнительности.

Так, например, Н. С. Крылов пишет: «В квантовой механике мы вообще не можем говорить о состоянии системы, предшествующем начальному измерению»[2]. И далее: «Как следует из основных принципов квантовой механики, нельзя говорить о максимально полно определенном состоянии системы (о ψ-функции системы), если не произведен максимально полный

[1] См. журнал «Вестн. Ленингр. ун-та», 1949, № 4, стр. 39. Мы не рассматриваем здесь других принципиальных ошибок, допущенных в этой статье В. А. Фоком.

[2] Н. С. Крылов. Работы по обоснованию статистической физики. 1950, стр. 142.

опыт» [1]. Таким образом, в соответствии с принципом дополнительности Н. С. Крылов утверждает, что ψ-функция не отражает реальности, существующей независимо от нас, а является только записью сведений о состоянии системы.

Фрагменты написаны Н. С. Крыловым в 1946—1947 гг., когда среди физиков не было еще полной ясности по вопросу о принципе дополнительности. Однако вызывает удивление позиция, занятая академиком В. А. Фоком. Будучи редактором, он взял на себя ответственность за издание незаконченных фрагментов Н. С. Крылова, не снабдив их текст примечаниями, указывающими на ошибочность воззрений Н. С. Крылова в вопросе о принципе дополнительности. Более того, во вступительной статье А. Б. Мигдала и В. А. Фока эта позиция Н. С. Крылова всячески поддерживается и конкретизируется. Так, например, авторы вступительной статьи, поясняя Н. С. Крылова, пишут: «... Можно предположить, что между макроскопической характеристикой и обычным микроскопическим описанием существует своего рода дополнительность, аналогичная той, которая, согласно квантовой механике, возникает при классическом описании» (стр. 8). Надо ли пояснять, что подобное «бесстрастное» отношение к махистской теории дополнительности равносильно продолжению ее пропаганды?[2]

Другим примером гальванизирования принципа дополнительности является изданная в конце 1948 г. книга академика Л. Ландау и проф. Е. Лифшица «Квантовая механика». Авторы этой книги хотя и не употребляют терминов «принцип дополнительности» или «соотношение дополнительности», однако по существу излагают квантовую механику как теорию единичного микрообъекта, находящегося во взаимодействии с прибором, т. е. в духе теории дополнительности. Сознавая, повидимому, что концепция дополнительности неразрывно связана с идеализмом, авторы пытаются перекрасить ее под материализм. Рассчитывая, очевидно, на полную неосведомленность читателей в вопросах философии, Л. Ландау и Е. Лифшиц стараются завуалировать идеализм теории дополнительности. Они переименовывают «прибор» в «классический объект» и

---

[1] Там же, стр. 149.

[2] К сожалению, и в более поздних своих выступлениях В. А. Фок до конца не отказался от защиты принципа дополнительности. В. А. Фок предлагает отказаться лишь от термина «принцип дополнительности», однако соотношение неопределенностей он продолжает рассматривать фактически в духе боровской теории дополнительности, анализируя его только с точки зрения процесса измерения.

утверждают, что под «измерением» надо понимать «взаимодействие электрона с классическим „прибором“, отнюдь не предполагающее наличия постороннего наблюдателя». При этом авторы специально дважды подчеркивают, что под «измерением» не подразумевается процесс, в котором участвует физик-наблюдатель (см. стр. 13—14). Все это похоже на какие-то заклинания, которые произносятся, чтобы откреститься от идеализма. Неужели авторы всерьез рассчитывают на доверчивость читателей, заверяя их в возможности существования «измерений» без познающего субъекта на последней стадии процесса измерения? Допустить «измерения» без субъекта, производящего эти измерения,— то же, что допустить существование мышления в мире измерительных приборов. Но ведь такие представления ничего общего не имеют с материализмом. И все эти рассуждения привлекаются Л. Ландау и Е. Лифшицем, видимо, исключительно для спасения привычной им концепции дополнительности. Отсутствие за истекшие три года каких-либо публикаций авторов книги по затронутым в ней принципиальным вопросам, свидетельствует о том, что они до сих пор не отказались от порочной концепции дополнительности.

Тенденция возврата к принципу дополнительности мешает советской физике окончательно разоблачить идеалистическую трактовку некоторых вопросов квантовой теории и толкают наших ученых не на путь творческого развития этой теории, а на путь догматического преклонения перед аксиомами квантовой механики.

Необходимо в ближайшее время преодолеть эти постыдные для советских ученых тенденции раболепного преклонения перед махистскими «принципами», мешающими развитию подлинной науки.

3. Реакционная роль теории дополнительности наиболее отчетливо проявилась в том, что именно эта теория на многие годы приостановила развитие принципиальных основ квантовой теории.

История развития квантовой теории может быть разделена на два этапа. Первый этап – от момента зарождения квантовой теории в начале XX в. до создания квантовой механики в 1926 г.— характеризуется интенсивными поисками новых физических представлений, связанных с открытием новых квантовых законов. Этот период убедил физиков в необходимости отказа от ряда устарелых представлений классической физики. Второй этап начался с открытия Шредингером и Гейзенбергом математического аппарата, отображающего законы движения объектов микромира (аппарат уравнения Шредингера и матрич-

ной механики), и с поисков физического смысла математических операций и величин, входящих в найденные уравнения.

Вскоре М. Борном было предложено вероятностное толкование входящей в уравнение Шредингера волновой функции и были сформулированы основные принципы квантовой механики (1926—1928). Дальнейшее развитие квантовой теории на протяжении четверти века шло главным образом по линии приложения квантовой механики к конкретным задачам физики атома, уточнения аппарата квантовой механики и обобщений этого аппарата с целью распространения его на область релятивистских скоростей и волновых полей. На этом пути достигнуто очень многое, и наши познания в области микромира значительно усовершенствовались. Однако чего-либо существенно нового в отношении исследования принципов, лежащих в основе квантовой теории, за эту четверть века не было сделано. Причина этого лежит не в том, что квантовая механика является совершенной теорией, лишенной принципиальных недостатков, а в том, что ее принципы превращены в догму посредством теории дополнительности. Принципиальные недостатки квантовой механики вскрылись уже при первых попытках построить релятивистскую квантовую теорию. Однако основные трудности этой теории не преодолены и по сей день, что в значительной мере обусловлено догматическим применением правил квантования, канонизированных теорией дополнительности.

Работами К. В. Никольского[1] и Д. И. Блохинцева [2], а также в итоге дискуссии 1947—1948 гг. установлено, что квантовая механика не является теорией единичного микрообъекта, как это считалось в соответствии с принципом дополнительности. Квантовая механика является статистической теорией, т. е. теорией, применимой только к статистическим совокупностям микрообъектов. Квантовая механика не может отобразить полностью движение единичного микрообъекта (электрона, фотона и т. д.); она отображает лишь поведение совокупности тождественных микрообъектов, представленных либо одновременно, либо в последовательной серии опытов. Это обусловлено тем, что существующий аппарат квантовой механики позволяет вычислять лишь допустимые значения отдельных физических величин (проблема собственных значений) и вероятности тех или иных физических состояний или вероятности перехода из одного состояния в другое. Знание вероятности заданного

---

[1] К. В. Никольский. Квантовые процессы. 1940.
[2] Д. И. Блохинцев. Основы квантовой механики. 1949.

состояния микрообъекта не дает еще полных сведений о его истинном состоянии, и, следовательно, квантово-механическое описание при помощи волновой функции не отображает полностью состояния объекта. Перейти же от вероятностного описания к полному отображению состояний микрообъекта при существующем истолковании аппарата квантовой механики невозможно в силу некоторых особенностей этого аппарата, выражаемых соотношением неопределенностей.

4. Поясним сказанное простым примером из области электронной микроскопии. Рассмотрим электронную лупу. Пусть у нас имеется практически точечный источник электронов A весьма малой интенсивности, магнитная линза B и экран-фотопластинка C. Источник, линза и экран расположены так, что, согласно правилам геометрической оптики, траектории электронов, испущенных источником A, идеально фокусируются линзой B в точке A' на экране C.

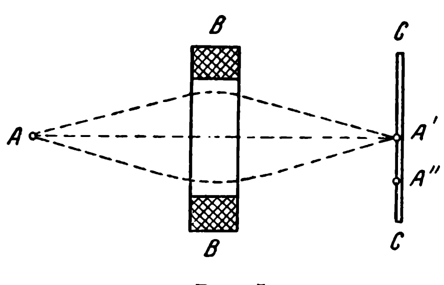


Рис. 5

Однако вследствие явления диффракции электронов от краев линзы B в точку A' и ее ближайшие окрестности будет попадать только часть электронов, испущенных источником A. Другая часть электронов сосредоточится в кольцевых областях, окружающих точку A' (диффракционные кольца).

Если опыт продолжать достаточно долго, так, чтобы достаточно большое число электронов из источника A перелетало на экран C, то на фотопластинке будет вызвано ударами отдельных электронов почернение в форме диффракционных колец, окружающих точку A'. Интенсивность этого почернения, пропорциональная в каждой точке A'' числу упавших туда электронов, будет пропорциональна вероятности перехода отдельного электрона из точки A в точку A'' и может быть с большой точностью подсчитана путем решения уравнения Шредингера и отыскания квадрата модуля волновой функции. В этом смысле квантовая механика с достоверностью предсказывает поведение коллектива электронов. Их распределение на фотопластинке предсказывается с достоверностью, если число электронов достаточно велико. Таким образом, поведение коллектива электронов отображается волновой функцией с достаточной полнотой.

Рассмотрим теперь несколько иную постановку опыта. Предположим, что опыт производится в течение достаточно малого промежутка времени, так, что только один электрон из точки A попадает на экран C. Этот электрон может попасть как в точку A', так и в точку A'' или другие точки экрана. Решение уравнения Шредингера дает в этом случае только вероятности попадания данного электрона в отдельные точки. Следовательно, никакого достоверного предсказания об истинном движении электрона квантовая механика в этом случае не дает и не может дать. Более того, квантовая механика при помощи волновой функции не в состоянии даже изобразить реальный процесс, в котором электрон был испущен из точки A и попал в какую-то определенную точку A''.

Квантовая механика в состоянии указать только вероятность попадания электрона в любую точку A'', если известно, что в начальный момент он был испущен из точки A. Но электрон, испущенный из точки A, реально, независимо от нашего сознания или произведенного измерения, попадает в строго определенную точку A''. Квантовая механика не в состоянии не только предсказать, в какую же именно точку попадет этот электрон, но не может даже отобразить на своем языке волновых функций весь этот вполне реальный процесс.

Факт попадания электрона в определенную точку A'' сам по себе, вообще говоря, может быть изображен на языке волновой функции. Для этого достаточно предположить, что в области экрана C в точке A'' волновая функция имеет острый максимум (волновая функция имеет вид дельта-функции). Однако в этом случае, согласно уравнению Шредингера, волновая функция в области источника A уже не может иметь острого максимума, а распределена в виде системы диффракционных колец. Следовательно, в данном случае квантовая механика описывает только такой процесс, в котором заданы лишь вероятности испускания электрона из различных точек вблизи источника, хотя в действительности электрон с достоверностью испущен из строго определенной точки A. Решение, в котором волновая функция имела бы острый максимум как в точке A в момент испускания, так и в точке A'' в момент поглощения, не допускается уравнением Шредингера. Таким образом, реальный процесс испускания электрона из точки A и поглощения его в точке A'' не отображается математическим языком волновых функций.

Из этого примера наглядно видно, что квантовая механика не является теорией реального процесса, происходящего с отдельным микрообъектом. Квантовая механика отображает с

достаточной полнотой только поведение совокупности микрообъектов. Только опыты с коллективом микрообъектов правильно отображаются волновой функцией, подчиняющейся уравнению Шредингера.

Иное решение вопроса предлагает теория дополнительности. Утверждая, что квантовая механика является теорией индивидуального процесса, теория дополнительности возводит в принцип невозможность полного отображения в нашем сознании рассмотренного выше реального процесса. Согласно теории дополнительности, вопрос о том, что происходило с электроном на самом деле в процессе движения от точки A к точке A'', вообще не имеет смысла, ибо квантовая механика описывает лишь показания макроскопических измерительных приборов (в данном случае приборов, измеряющих координаты точек испускания и поглощения электрона, т. е. точек A и A''). Невозможность же точного предсказания показаний макроскопического прибора, измеряющего в нашем опыте точку поглощения электрона экраном C, теория дополнительности относит за счет «неконтролируемого взаимодействия» электрона с линзой B.

Таким образом, по теории дополнительности нельзя даже надеяться представить реальный процесс движения электрона, ибо, согласно этой теории, аппарат квантовой механики позволяет лишь записать сведения об электроне, даваемые макроскопическим прибором, и пересчитать эти сведения для другого момента времени. Получающиеся же при этом неопределенности в предсказаниях на последующий момент времени теория дополнительности объясняет взаимодействиями с макроскопическими приборами, которые принципиально невозможно учесть на языке показаний макроприборов. Следовательно, по теории дополнительности, бессмысленно искать какое-либо объяснение вопроса, почему в данном опыте электрон попал именно в точку A'', а не в точку A'. Бессмысленно потому, что даже отображение этого процесса в нашем сознании, как существующего независимо от наших измерений, якобы вообще невозможно.

Ясно, что ничего общего с материализмом концепция дополнительности не имеет. Квантовая механика не является теорией единичного микрообъекта. Она является теорией статистических ансамблей микрообъектов. Такое истолкование аппарата квантовой механики не противоречит материализму.

5. Любая статистическая теория позволяет делать практически совершенно достоверные предсказания в тех случаях, когда средние квадратичные отклонения рассматриваемых величин (или «дисперсии») достаточно малы. Последнее же в силу за-

кона больших чисел имеет место в тех случаях, когда исследуемые величины относятся к совокупности большого числа объектов или опытов (например, средние арифметические по совокупности измерений). Следовательно, для систем, состоящих из большого числа микрообъектов, статистические средние физических величин практически совпадают с реальными их значениями. Этим обусловлена возможность достоверных предсказаний в квантовой механике, если эти предсказания относятся не к единичным электронам или атомам, а к совокупностям большого их числа. Однако почти во всех случаях практического приложения квантовой механики в конечном итоге рассматриваются системы, состоящие из большого числа микрочастиц, и поэтому практически квантовая механика всегда может рассматриваться как теория, дающая достоверные предсказания о поведении совокупностей микрообъектов.

В связи с указанной «практической полнотой» квантовой механики может сложиться впечатление, что вообще нет необходимости искать какую-либо новую теорию самих элементарных квантово-механических процессов и можно ограничиться существующей статистической теорией ансамблей микрообъектов. Такая точка зрения была бы, однако, глубоко ошибочной. Перед наукой открывается область непознанных явлений — элементарных квантовых процессов. Без исследования этой области нельзя понять существо квантовых законов и дальше проникнуть в глубь микромира. Может ли наука останавливаться на пороге этой неисследованной области только потому, что на данной стадии развития физики представляются практически достаточными ограниченные знания, даваемые законами поведения статистических ансамблей частиц? Безусловно, наука не может останавливаться, даже исходя из подобных «практических» соображений. Ведь речь идет об исследовании *элементарных* процессов микромира. Несомненно, что даже самые абстрактные исследования в этой области со временем дадут и невиданные практические результаты. История физики последнего десятилетия в связи с применениями атомной энергии прекрасно это подтверждает.

Итак, истолкование квантовой механики как теории статистических ансамблей находится в согласии с диалектическим материализмом и открывает перед физиками неисследованную область элементарных квантовых процессов. Следовательно, квантовая теория статистических ансамблей является прогрессивной теорией, толкающей науку на новые исследования неизведанного. Наоборот, истолкование квантовой механики в духе теории дополнительности несовместимо с материализмом.

Теория дополнительности устанавливает искусственные границы познанию микрообъектов и тем самым тормозит прогресс науки.

6. Как было отмечено выше, развитие квантовой теории на протяжении почти четверти века не затрагивало основных правил квантования и постулатов аппарата квантовой механики. В области нерелятивистской квантовой механики и в области современной квантовой электродинамики и вообще теории волновых полей рецепты построения квантовой теории одни и те же. И сейчас и на заре возникновения квантовой механики квантовая теория какого-либо объекта строится путем так называемого *квантования* соответствующей классической теории.

Правила этого квантования стандартны для любых микрообъектов. Для атома водорода и для мезонных полей, в релятивистской и в нерелятивистской областях для проведения квантования необходимо построить сперва макроскопическую теорию, отображающую поведение частиц, движущихся по законам механики Ньютона или Эйнштейна-Минковского, или полей, содержащих большое число квантов. Далее, согласно правилам квантования, предлагается в этой классической теории рассматривать входящие в нее физические величины как линейные самосопряженные операторы, удовлетворяющие определенным перестановочным правилам. Применение этих операторов к «волновым функциям» (или функционалам — в случае волновых полей) позволяет сформулировать «проблему собственных значений», решение которой дает возможность отыскать ряд возможных значений данной физической величины, допустимых в соответствии с квантовой теорией.

Наконец, при помощи оператора энергии можно построить уравнение Шредингера, решение которого позволяет определить изменение волновой функции системы в зависимости от времени. Квадрат же модуля волновой функции определяет вероятность возможных значений той физической величины, которая выбрана в качестве аргумента волновой функции. Вот коротко и все рецепты или правила квантования, если не входить в детали, характерные для различных областей квантовой теории.

Вопрос, каков смысл всех этих правил квантования и почему они во многих случаях приводят к правильным результатам, фактически с момента формулировки принципа дополнительности не ставился. Принцип дополнительности вообще отрицал необходимость отыскания какого-либо физического смысла в квантовых операциях, так как, согласно этому принципу, последние суть лишь правила для описания поведения макро-

скопических приборов, измеряющих поведение микрообъектов. Однако не только в связи с интерпретацией квантовой механики как теории статистических ансамблей, но и в связи с огромными затруднениями, возникшими в релятивистской квантовой теории, крайне необходимо вскрыть физический смысл правил квантования и установить границы их применимости.

Есть все основания полагать, что многие затруднения современной релятивистской квантовой теории возникают вследствие догматического применения правил квантования в той области, где они в лучшем случае справедливы лишь как весьма приблизительно верные. Физикам-теоретикам хорошо известно, что в области квантовой электродинамики только некоторые приближенные методы дают хорошее совпадение с опытом. Исследования же точной теории, построенной по всем квантовым правилам, приводят к нелепым заключениям о бесконечной энергии электронов и вакуума и к ряду так называемых расходимостей. Для устранения этих нелепостей в современной теории нагромождается большое число всяких правил вычитания и «уничтожения» бесконечностей. Однако даже на этом формальном пути постулативного введения искусственных правил никак не удается уничтожить все бесконечности и построить хотя бы по видимости удовлетворительную теорию.

7. Следует обратить внимание на одну характерную особенность правил квантования. Замена физических величин классической теории *линейными* самосопряженными операторами с неизбежностью приводит к *линейности* всех уравнений квантовой механики. В силу этой линейности в квантовой механике имеет место так называемый принцип суперпозиции состояний. Соотношение неопределенностей также глубоко связано со свойством линейности аппарата квантовой механики. Вошло в привычку считать линейность уравнений неотъемлемой особенностью квантовой теории. Однако не исключено, что именно эта особенность правил квантования лежит в основе главных затруднений квантовой механики[1].

Всевозможные бесконечности и расходимости в решениях являются характерной чертой именно *линейных* теорий и легко могут быть устранены в теориях нелинейных. Именно линейность уравнения Шредингера для электрона в рассмотренном нами выше опыте с электронной лупой не допускала решения, имеющего вид дельта-функции как в точке A в момент испускания электрона, так и в точке A'' в момент

[1] На этот вопрос автор уже обращал внимание в монографии «Динамические и статистические законы физики», стр. 91 (изд-во МГУ, 1950).

поглощения. Следовательно, аппарат квантовой механики не может отобразить индивидуального процесса именно в силу линейности этого аппарата.

Эти общие затруднения линейной теории свидетельствуют, по нашему мнению, об ограниченности области ее приложения. Вполне допустимо полагать, что аппарат квантовой механики лишь *линейное приближение* некоторого более общего *нелинейного* аппарата, отображающего истинное поведение индивидуальных элементарных процессов.

Одним из возможных направлений дальнейшего развития квантовой теории являются, по нашему мнению, нелинейные обобщения.

Необходимо исследовать все возможности обобщения и физического анализа правил квантования. Именно эти исследования — ближайшая и важнейшая задача квантовой теории. Концентрация внимания на этой задаче не означает, конечно, что надо вообще отказаться от применения существующего аппарата квантовой механики при решении конкретных задач. Существующая квантово-механическая теория статистических ансамблей в пределах области ее применимости достаточно хорошо отражает реальность и может быть использована для решения конкретных задач. Однако необходимо установить границы области применимости этой теории.

Взгляд на квантовую механику как на приближенную теорию не умалит ее значения, но будет способствовать переходу на новый этап в развитии квантовой теории.

8. Итак, для успешного движения вперед в области квантовой теории необходимо:

1) раскрыть физический смысл правил квантования как правил конструирования теории статистических ансамблей, исходя из макроскопической теории, справедливой для статистических средних;

2) выяснить границы применимости существующих правил квантования;

3) исследовать возможности построения теории индивидуальных квантовых процессов.

Партия и правительство создают все условия для плодотворного развития науки в нашей стране. Наши ученые опираются в своих исследованиях на единственно верную философию — диалектический материализм. Есть все основания надеяться, что наши физики решительно покончат со всякими попытками возрождения махистского принципа дополнительности и откроют новый этап в развитии квантовой теории, основанный на диалектическом материализме.

Н. Ф. ОВЧИННИКОВ

ПОНЯТИЯ МАССЫ И ЭНЕРГИИ В СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКЕ И ИХ ФИЛОСОФСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Понятия массы и энергии относятся к числу важнейших понятий физической науки. Закон сохранения массы и закон сохранения и превращения энергии, а следовательно и тесно связанные с этими законами понятия массы и энергии, являются одними из важнейших естественно-научных устоев материалистического мировоззрения. В. И. Ленин называет закон сохранения и превращения энергии «установлением основных положений *материализма*»[1]. На протяжении всей истории физики, со времени появления этих понятий, идеализм пытался извратить их смысл, оторвать массу от материи, а энергию от материального движения, стремясь тем самым «устранить» из науки ненавистное идеализму понятие материи.

Современная физика открыла закон взаимосвязи массы и энергии, установила факт возрастания массы тел с возрастанием скорости их движения, вплотную подошла к выяснению природы «собственной массы» «элементарных» частиц. Этим были дальше развиты и углублены представления старой физики о массе и энергии. «Новейший» идеализм, паразитирующий на успехах науки, толкует эти достижения современной физики как якобы доказательство возможности полнейшего «уничтожения материи» и «превращения» ее в энергию, как обоснование энергетизма, как повод к тому, чтобы мыслить движение без материи.

Раскрыть подлинное содержание понятий массы и энергии, значит разоблачить псевдонаучную аргументацию буржуазных физиков-идеалистов, которые в угоду идеалистическому мировоззрению искажают само существо научных теорий и отдельных важнейших понятий физической науки. Анализ содержания

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 318.

понятий массы и энергии с позиций марксистско-ленинской философии совершенно необходим и для современной физики.

Прежде чем приступить к рассмотрению содержания понятий массы и энергии, сделаем несколько предварительных замечаний.

Материя бесконечно сложна и неисчерпаема. Нет и не может быть «первичных», простейших форм, из которых все возникает и в которые все превращается. Самая малая из известных в настоящее время частиц материи так же бесконечно сложна и неисчерпаема, как и значительно менее простые образования. В силу неисчерпаемости и всеобщего движения и развития материи нет и не может быть какой-либо формы движения как таковой, в «чистом» виде, без наличия других форм движения и соответствующих им материальных объектов, без взаимодействия качественно различных материальных объектов друг с другом.

При анализе понятий массы и энергии совершенно необходимо учитывать взаимосвязь физических форм движения.

При рассмотрении механического движения с точки зрения современной физики обнаруживается, что это движение неизмеримо сложнее и богаче той картины, которую рисует классическая механика. Изучение механического движения в его связи с другими формами движения материи обнаруживает необычайно сложный характер всего комплекса процессов, сопровождающих механическое перемещение. Тесная связь механического движения с другими физико-химическими формами движения материи составляет реальное условие всякого пространственного перемещения объектов.

Современная физика обнаружила глубокую связь механического движения с электромагнитными процессами и тем самым открыла возможность рассматривать механические законы как результат более глубоких и тонких форм движения материи, связанных с явлениями электромагнетизма[1]. Физика наших дней, проникающая в недра атома, несомненно откроет пути еще более глубокого объяснения основных понятий и законов механики.

ПОНЯТИЕ МАССЫ В НЬЮТОНОВСКОЙ МЕХАНИКЕ

Исторически понятие массы в отчетливой форме впервые было сформулировано в механике Ньютона. В основу построения своей механики Ньютон кладет понятие количества

---

[1] См. П. Ланжевен. Избр. произв., 1949, стр. 182, 210.

материи[1]. Это количество материи и получило название массы. Материя, согласно Ньютону, бескачественна, косна и неспособна к движению. Количество материи, или массу, несут в себе абсолютно непроницаемые атомы, точнее говоря, они сами и составляют это количество материи, ибо материя, согласно атомистическим представлениям Ньютона, только и существует в форме этих атомов.

Обычные видимые тела имеют, по Ньютону, тем большее количество материи, чем больше атомов умещается в том или ином объеме тела. Чем плотнее расположены атомы в теле, тем больше атомов, а значит и большее количество материи содержит это тело.

Таким образом, в механике Ньютона понятие массы по сути дела отождествляется с понятием материи. Чем больше масса данного тела, тем большее количество материи оно содержит. Количество материи находит свое выражение и меру в массе, измеряемой произведением плотности тела на его объем. Сам термин «масса» употреблялся, да и сейчас употребляется для обозначения обычных тел, состоящих из атомов. Такое словоупотребление можно было бы проследить на протяжении всей истории науки, начиная с античной эпохи и до настоящего времени.

Совершенно очевидно, что вполне законное словоупотребление термина «масса» в смысле обычного тела, состоящего из атомов и молекул, нельзя отождествлять с тем понятием, которым оперирует современная физика. Такое отождествление может привести к неправильному пониманию того содержания понятия массы, которое вкладывает в это понятие современная физика. В данном случае мы просто имеем дело с тем фактом, когда *одно и то же* слово употребляется *в разных* смыслах, один и тот же термин выражает разные понятия.

С развитием механики и физики содержание понятия массы подверглось уточнениям и изменениям. Современная физика коренным образом изменила содержание ньютоновского понятия массы. Но словесная форма выражения этого понятия, сам термин «масса», сохранился. Этот факт в свою очередь может найти объяснение в диалектике развития содержания и формы. «...**Существующая форма,**— говорит товарищ Сталин,— никогда полностью не соответствует **существующему содержанию:** первая отстаёт от второго, новое содержание

[1] Заметим, что старая физика знала только одну форму материи — вещество. Открытие новой формы материи — поля — привело, как это будет показано далее, к изменению ньютоновского понятия массы.

в известной мере всегда облечено в старую форму...»[1]. И если забыть об этом важнейшем положении и за старой словесной формой не усмотреть нового содержания, то тем самым в анализе основных понятий естествознания можно скатиться к идеализму и метафизике.

Известно, что реакционная махистская философия в конце XIX и начале XX в. использовала факт крутой ломки старого «классического» понятия массы для борьбы с материализмом. Содержание ньютоновского понятия массы под напором новых физических фактов подверглось решительному изменению. Новые факты говорили о том, что теперь понятие массы нельзя отождествлять с понятием материи, что механическая масса присуща только некоторым состояниям материи. Махисты в интересах борьбы с материализмом пытались полностью устранить всякую связь понятия массы с понятием материи. Старый метафизический материализм был не в состоянии философски осмыслить новые факты физической науки. Это было по плечу только диалектическому материализму. Блестящие философские обобщения новых открытий физики, в том числе и открытия изменчивости массы, были даны В. И. Лениным в его книге «Материализм и эмпириокритицизм».

Современная физика, изменив ньютоновское понятие массы, вместе с тем не отменила его нацело, но сохранила все рациональное, что содержалось в этом понятии. Ньютоновское понятие массы, как всякое относительно истинное научное понятие, содержало в себе частицу абсолютно истинного. Ввиду этого следует несколько подробнее раскрыть конкретно физическое содержание ньютоновского понятия массы, с тем чтобы в дальнейшем изложении отметить те стороны содержания этого понятия, которые в том или ином виде сохранились в дальнейшем развитии физики.

Ньютон фактически определяет массу как количество материи, пропорциональное плотности и объему тела[2]. В этом определении выступает прежде всего количественная характеристика этого понятия. Этим, однако, не ограничивается содержание ньютоновского понятия массы. Материя обладает гравитационными свойствами. Эти свойства также связаны с массой.

---

[1] И. В. Сталин. Соч., т. 1, стр. 328—329.

[2] Вот соответствующее место из «Начал» Ньютона в переводе А. Н. Крылова: «Количество материи есть мера таковой, устанавливаемая пропорционально плотности и объему ее». Затем Ньютон поясняет: «Это же количество материи я подразумеваю в дальнейшем под названием „тело“ или „масса“» (А. Н. Крылов. Собрание трудов, 1936, т. VII, стр. 23).

Понятие гравитационной массы отражает определенную качественную сторону материальных объектов. Таким образом, уже в старой механике понятие массы раскрывается с количественной и с качественной сторон. Масса выступает не только как чисто количественная мера материи, но и как мера определенных конкретных, в данном случае гравитационных, свойств материи.

Ньютоновская механика, устанавливая пропорциональность количества материи, содержащегося в теле, его объему и плотности и тесно связывая количество материи с весом, тяжестью, не ограничивается, разумеется, этими характеристиками. Материя обладает самыми разнообразными свойствами. Среди этих свойств едва ли не самым важным для ньютоновской механики является свойство инерции. Под инерцией понимается свойство материи сохранять приобретенное ею движение. Это свойство при механических взаимодействиях проявляется в том, что данное тело под воздействием определенной силы приобретает вполне определенное ускорение.

Если сравнить вес, которым обладает в наших земных условиях любое материальное тело, и инерцию, свойственную ему, то оказывается в рамках механики, что инерцию следует рассматривать как более фундаментальное свойство, чем тяжесть.

«*Врожденная сила материи*,— пишет Ньютон в III определении «Начал»,— *есть присущая ей способность сопротивления, по которой всякое отдельно взятое тело, поскольку оно предоставлено самому себе, удерживает свое состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.*

Эта сила,— добавляет Ньютон,— всегда пропорциональна массе, и если отличается от инерции массы, то разве только воззрением на нее»[1].

В трактовке инерции Ньютоном несомненно сказалось его метафизическое мировоззрение. Материя мыслится им вне движения, а движение представляется оторванным от материи. Единственной формой движения является, по Ньютону, механическое перемещение тел, состоящих из атомов, которые тоже подчиняются лишь законам механического движения. Все это приводит к тому, что инерция, тесно связанная с материей, совершенно отрывается Ньютоном от движения и объявляется неизменным, раз навсегда данным, «врожденным» свойством материи.

Увеличение количества материи в том или ином теле означало пропорциональное увеличение инертности тела, ибо

---

[1] А. Н. Крылов. Собр. трудов, т. VII, 1936, стр. 25.

инертность, согласно Ньютону,— постоянно присущий материи и не зависящий от состояния движения атрибут. Находится ли тело в покое или движется с какой угодно скоростью, количество материи тела, а значит, и соответствующая данному количеству материи (массе) инерция, остается без изменения. Величина инерции зависит *только* от количества материи. Такое понимание инерции вместе с определенными воззрениями на строение материи позволило Ньютону рассматривать массу как меру инерции материальных тел.

В действительности свойство инертности органически, неразрывно связано с движением, присущим материи. Это свойство может получить и получает свое объяснение только на пути обнаружения неразрывной связи инертных свойств материи с законами ее движения. Ибо сама инертность при более глубоком рассмотрении представляется как отрицательное выражение неуничтожимости движения[1].

Инерция, рассматривавшаяся в механике Ньютона как свойство, абсолютно оторванное от движения материи, явилась одним из исходных пунктов в построении механики Ньютона: «точкой отправления для нее (механики.— *Н. О.*) была инерция»,— говорит Энгельс[2]. Понимание массы как количества материи и утверждение Ньютона о неизменной, раз навсегда данной инертности измеряемой массой (количеством материи) тела, были закреплены в других основных понятиях и законах классической механики.

ПОНЯТИЕ МАССЫ И ИНЕРЦИИ В СВЯЗИ С ОСНОВНЫМИ ЗАКОНАМИ МЕХАНИКИ

Раскрыть содержание понятия массы, как и любого другого научного понятия, можно только в связи с теми законами, где это понятие играет существенную роль.

Известно, что само формирование научных понятий, обогащение их содержания, связано с открытием новых законов, с возникновением соответствующих научных теорий, с их развитием.

Вот почему при рассмотрении понятий массы и энергии необходимо обращаться к основным законам механики и физики.

Рассматривая содержание понятия массы важно обратить внимание на основные законы механики Ньютона.

В формулировке первого закона механики, по сути дела, заключена в неявном, и, конечно, в самом общем виде мысль

---

[1] См. Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1950, стр. 1.
[2] Там же.

о связи инерции с движением, мысль, разумеется, ни в какой мере не осознанная ни самим Ньютоном, ни его последователями. Эту связь инерции с движением можно усмотреть в том, что само свойство инерции определяется на основании первого закона механики. Оно проявляется благодаря взаимодействию тел, благодаря силам, действующим на тело. Но последнее означает, что свойство инертности не может быть понято, в конечном счете, вне связи с движением. Однако дальнейшее построение механики Ньютона представляет собой развитие основных положений о неизменности массы, измеряющей неизменное, «врожденное» свойство инерции тел, что, конечно, не может служить развитию мысли о более глубокой связи инерции с движением материальных объектов.

Второй закон Ньютона позволяет определять массу тела по присущей ему инерции. Так как масса, согласно Ньютону, является величиной постоянной для данного тела, то, следовательно, величина ускорения тела пропорциональна величине приложенной к нему силы.

На этом основании иногда трактуют массу m в выражении $F = m \cdot \frac{dv}{dt}$, как простой коэффициент пропорциональности между силой и ускорением. Такое формально-математическое определение массы чрезвычайно распространено в учебниках по механике[1]. Порочность такого определения массы состоит в том, что оно открывает путь для чисто формального рассмотрения понятия массы, путь для выхолащивания того материалистического содержания, которое несомненно несет в себе это понятие, даже в той исторически ограниченной трактовке, какую дает понятию массы Ньютон.

Вместе с тем, при этом чрезвычайно обедняется само содержание второго закона Ньютона. Этот закон в действительности является законом природы, выражающим существенное отношение определенных характеристик механической формы движения материи. Если же рассматривать второй закон Ньютона как простое определение массы тела через количественное отношение силы к ускорению, то тем самым объективный закон природы превращается в некое условное правило, необходимое только лишь для определения понятия массы.

Мы уже видели, что понятие массы получает известное содержание вне связи со вторым законом Ньютона. Конечно,

[1] У С. Э. Хайкина, например, читаем: «...второй закон Ньютона... представляет собой определение массы тела как отношения силы, действующей на тело, к сообщаемому этой силой ускорению» (С. Э. Хайкин. Механика, 1940, стр. 64).

второй закон делает понятие массы вполне конкретным понятием. Он дает количественное выражение массы через другие характеристики механического движения — силу и ускорение. Но это обогащение содержания понятия массы, даваемое вторым законом Ньютона, не дает никаких оснований игнорировать тот факт, что понятие массы содержит в себе не только простое отношение силы к ускорению, но и выражает определенные свойства материи, а второй закон Ньютона не только служит для количественного определения этого отношения, но и является самостоятельным объективным законом природы.

Второй закон, выраженный в форме $F = m \cdot \frac{dv}{dt}$, дает возможность рассматривать массу не просто как «коэффициент пропорциональности», выражающий собой величину отношения силы к ускорению, а как меру инерции того или иного тела. Следовательно, величина массы тела может быть определена по инерции, присущей телу.

Вот почему в физике установилось определение массы как меры инерции тел, ибо это определение связано со вторым законом Ньютона, являющимся основным законом механики. Следует в связи с этим подчеркнуть, что полная характеристика инертности не может быть дана на основании одного лишь второго закона Ньютона. Только совокупность всех основных законов динамики дает возможность понять инертность как свойство материальных объектов, тесно связанное с их движением.

Масса, величина которой может быть получена на основании измерения силы и ускорения, приобретенного телом в результате действия этой силы, получила название инертной массы. В самой механике Ньютона понятие инертной массы выражает собой лишь то обстоятельство, что вполне определенному количеству материи (массе) присуща, при любых условиях движения, вполне определенная величина инерции этого количества материи. При этом измерение массы (количества материи) по инерции того или иного тела производится над телами, движущимися поступательно. Этот факт имеет важное значение для понимания природы инертности. На основании этого факта можно высказать соображение, что, повидимому, масса как мера инерции тел обнаруживается только в связи с соответствующим видом движения. И, может быть, другим видам движения, кроме поступательного, соответствует и другая форма инертности.

Свойство инертности материальных тел не может рассматриваться вне их движения. Это свойство внутренне связано

с тем или иным видом движения. Характер проявления этого свойства, его числовое выражение целиком определяется тем видом движения, который обуславливает это свойство.

Поскольку, согласно представлениям Ньютона, материи присуще неизменное, врожденное свойство инерции, постольку количество материи (масса) может служить мерой инерции. Вследствие этого в конкретных опытах можно поступать и обратным путем: по величине инерции определять массу (количество материи) тела. Следовательно, существенным содержанием понятия массы является свойство инерции, присущее всем материальным телам.

Вместе с тем важно заметить, что понятие массы, выражающее существенную характеристику материальных тел, тем не менее не схватывает собою всех случаев инертности и, таким образом, оказывается понятием, не совпадающим с понятием инертности. Понятие инертности шире понятия массы. Масса есть лишь частное проявление всеобщего свойства инертности, присущего материи. Инерцию в общем смысле или инертность можно рассматривать как свойство материальных объектов сохранять приобретенную ими специфическую форму движения.

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МАТЕРИИ В СВЯЗИ С ЗАКОНОМ СОХРАНЕНИЯ МАССЫ

Великий русский ученый М. В. Ломоносов, будучи творцом научного атомизма, на базе которого он сделал свои великие открытия, впервые в истории науки сформулировал закон сохранения материи. Представление о материи, как состоящей из абсолютно твердых, непроницаемых, «нечувствительных» частиц, послужило Ломоносову общетеоретическим обоснованием справедливости открытого им в 1748 г. закона сохранения материи. Ломоносов понимает свой закон весьма широко, он говорит, что «все встречающиеся в природе изменения происходят так, что если к чему-либо нечто прибавилось, то это отнимается у чего-то другого. Так, сколько материи прибавляется какому-либо телу, столько же теряется у другого»[1]. Более того, Ломоносов говорит и о том, что «так как это всеобщий закон природы, то он распространяется и на правила движения»[2].

Такая общность закона, по праву названного С. И. Вавиловым «законом Ломоносова», позволяет рассматривать его

[1] М. В. Ломоносов. Полн. собр. соч., т. II, АН СССР, 1951' стр. 183, 185.

[2] Там же, стр. 185.

как закон сохранения наиболее общих, фундаментальных свойств материи. Закон Ломоносова «как бы взял в общие скобки,— говорит С. И. Вавилов,— все виды сохранения свойств материи»[1]. Современная физика знает несколько законов сохранения: закон сохранения и превращения энергии, закон сохранения количества движения, закон сохранения момента количества движения и, наконец, закон сохранения массы. Все эти законы по сути дела объединяет в себе закон сохранения материи, сформулированный в первоначальном виде Ломоносовым. Историческая ограниченность естественнонаучных знаний его эпохи не помешала гениальному Ломоносову открыть закон, значение которого выходит далеко за рамки механических представлений о строении материи.

В рамках этих механических представлений, берущих начало в системе Ньютона, была выработана более узкая формулировка закона сохранения материи. Представление о массе как о количестве материи давало возможность формулировать этот закон как закон сохранения массы. Такая конкретная формулировка закона сохранения материи также была у Ломоносова, который дал этому закону строгое экспериментальное обоснование.

Поскольку понятие массы вплоть до конца XIX века в той или иной мере отождествлялось с понятием материи, необходимо со всей силой подчеркнуть, что закон сохранения массы являлся естественно-научным обоснованием материалистического мировоззрения. Вот почему и закон сохранения массы и само понятие массы на протяжении всей истории науки, начиная с установления этого закона, подвергались ожесточенным нападкам со стороны идеализма. Но несмотря на многочисленные попытки извратить содержание понятия массы,— попытки, не прекращающиеся и в наши дни,— закон сохраненения массы был и остается одним из важнейших естественнонаучных законов, являющихся установлением основных положений материализма.

Закон сохранения массы был проверен на громадном эмпирическом материале физических и химических исследований. Изучение движения тел в механике Ньютона привело к выводу, что масса (количество материи) однозначно определяет инертные свойства тел. Предполагалось, следовательно, что масса — трактуется ли она как количество материи тела или как мера инерции этого тела — не зависит от условий движения, оста-

---

[1] С. И. Вавилов. Закон Ломоносова. «Правда», 5 января 1949 г., стр. 2.

ваясь для данного тела во всех случаях движения неизменной. Это последнее положение вошло органически в самые основы ньютоновской механики — в основные законы движения.

С точки зрения современных представлений закон сохранения материи включает в себя сохранение и превращение всех основных *свойств материи*: массы, энергии, количеств движения, момента количества движения. К числу этих законов, может быть, следует отнести и закон сохранения заряда. Закон сохранения материи как бы распадается на отдельные законы и вместе с тем состоит из всей совокупности этих законов. В современной физике понятие массы подверглось значительным изменениям, но это новое понятие массы гораздо точнее и ближе к природе самой материи, чем это было в старой физике.

Согласно представлению старой физики, масса, как мера инерции, присуща только обычным макротелам, движение которых подчиняется механике Ньютона. На этом основании полагали, что, например, свет, законы которого составляют особый класс физических явлений, не подчиняющихся чисто механическим закономерностям, не обладает массой. Световые явления поэтому часто противопоставлялись явлениям материальным.

Опыты П. Н. Лебедева, доказавшие наличие светового давления, послужили началом коренных изменений ньютоновского понятия массы. С этого времени стало признанным, что масса присуща не только обычным телам, но и свету или электромагнитному полю.

Прежде чем перейти к изложению тех глубоких изменений старого ньютоновского понятия массы, к которым привели в дальнейшем развитии физики опыты Лебедева, обратимся к понятию энергии и раскроем его содержание вначале в рамках классической физики.

Так как само понятие энергии было выработано в процессе открытия закона сохранения и превращения энергии, то для анализа содержания понятия энергии необходимо обратиться к истории этого закона.

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ И ПРЕВРАЩЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Признание неразрывности материи и движения тесно связано с идеей сохранения движения. Ломоносов формулирует свой закон сохранения движения в тесной связи с законом сохранения материи. Закон сохранения и превращения энергии, открытый в середине XIX в., говорит о сохранении материального движения и превращении его форм. Нельзя провести

последовательно точку зрения материализма без признания этого закона. Вот почему закон сохранения и превращения энергии является «установлением основных положений *материализма*»[1].

Закон, отражающий факт сохранения и взаимопревращения физико-химических форм движения материи, а следовательно, и понятие энергии могли возникнуть только в ту эпоху, когда уже в достаточной степени начала выясняться взаимная связь этих различных форм движения материи. Исторические факты показывают, что открытие закона шло по пути исследования взаимосвязей качественно различных явлений природы.

Содержание нового закона далеко выходит за рамки механических представлений о движении материи. Сама идея превращения механического движения в другие формы движения, как и вообще наличие разных, качественно-своеобразных форм движения, чужда механическому воззрению. Однако необходимость более глубокого изучения физических явлений, необходимость, продиктованная прежде всего развитием техники, производства, привела к открытию нового закона и заставила выработать новое понятие, выражающее собой факт качественного превращения форм материального движения при количественном сохранении движения. Но это новое понятие, которое рождалось вместе с открытием закона, еще долгое время (даже после работ Ленца, Майера, Гельмгольца) не находило подходящего термина для адэкватного выражения своего нового содержания. Характерно, что ни один из ученых, принимавших непосредственное участие в открытии нового закона, не употребляет термина «энергия».

Открытый закон всем своим содержанием должен был обнаружить несостоятельность механицизма, несводимость форм движения материи к одному лишь механическому перемещению. Закон, устанавливающий взаимосвязь и взаимопереходы форм движения материи, должен был вести к совершенно новым представлениям об источнике движения материи, отвергая внешние по отношению к материи агенты. Сам факт сохраняемости движения должен служить убедительным доводом в пользу того, что движение присуще самой материи, ибо оно так же сохраняется, как сохраняется и сама материя.

Однако старое механистическое представление о «силах», как внешних причинах движения, все еще оставалось в сознании создателей нового закона. Они попрежнему употребляли старый термин «сила», правда вкладывая в него уже новое содер-

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 318.

жание. Влияние старых механических и вместе с тем метафизических представлений о движении материи сказалось еще и в том, что новый закон долгое время воспринимался как доказательство незыблемости механических представлений, хотя по сути дела он обнаруживал несостоятельность механицизма.

Если в природе имеет место взаимосвязь и взаимопревращение различных «сил» — теплоты, электричества, магнетизма и т. д., то физики должны были бы сделать вывод, что эти «силы» не являются внешними по отношению к материи, но выражают собой активность самой материи, ее самодвижение, ее бесчисленные качественные превращения. Взаимосвязь этих сил есть проявление единства природы, которое может быть только материальным единством. Материя не бескачественна и однородна, как это представлял себе механицизм, и не приводится в движение внешними по отношению к материи «силами» — последние есть лишь выражение качественных особенностей движущейся материи. Если разнообразные «силы» природы находятся между собой в такой взаимосвязи, что в процессе превращения друг в друга они сохраняются количественно, то, следовательно, движение материи, которое выражается этими силами, тесно, неразрывно связано с самой материей, ибо материя так же неуничтожима, как и ее движение.

В такой прямой форме этих выводов из открытого закона, однако, не было сделано. Но вместе с тем с открытием и упрочением в науке нового закона становилось все более и более очевидным, что в этом законе содержится нечто такое, что ни в какой мере не укладывается в старое представление об изолированных «силах» природы. Само содержание вновь открытого закона рождало совершенно новое понятие, которого до этих пор не знала история физики. Новое содержание настойчиво требовало и новой формы выражения, ближе, точнее выражающей это содержание. Такой формой явился термин «энергия». Этот термин в более узком смысле был введен Юнгом еще до открытия закона сохранения и превращения энергии для обозначения так называемой «живой силы», характеризующей механическое движение.

Можно ли считать, что с того момента, когда Юнг ввел слово «энергия», физика уже выработала понятие энергии? Конечно, нет. Выработка понятия энергии происходила в процессе все большего признания и углубления открытого в 42—47-х годах XIX в. закона природы, который еще в момент открытия назывался «законом сохранения сил». Только в 1860 г. Кельвин, один из самых активных сторонников нового закона,

положил начало современному употреблению слова «энергия», заменив этим термином устаревший термин «сила».

Содержание нового понятия не сразу стало достоянием науки. Потребовались годы, чтобы оно, вместе с законом сохранения и превращения энергии, прочно вошло в теорию и практику естествознания в качестве одного из важнейших понятий физической науки. Метафизическое мышление, типичное для большинства естествоиспытателей XIX в., помешало им раскрыть глубокое значение открытого закона. Физики рассматривали часто этот закон как простое количественное правило. Подлинное содержание нового закона можно было раскрыть только с позиций диалектического материализма. Энгельс впервые в истории науки дал глубокий философский анализ этого закона. Громадной научной заслугой Энгельса явилось его положение о том, что вновь открытый закон необходимо понимать не только с количественной стороны, но, что более важно, с качественной стороны. Полное название закона — «закон сохранения и превращения энергии»— было введено Энгельсом.

То содержание понятия энергии. которое явилось результатом открытия закона сохранения и превращения энергии, можно, опираясь на обобщения Энгельса, резюмировать в следующих положениях:

1. Понятие энергии выражает собой движение самих материальных объектов, *их самодвижение*, их способность к взаимопревращениям. Энергия есть мера движения материи.

2. Существуют качественно различные виды энергий, выражающие собой качественно различные формы движения.

3. В процессе взаимопревращений качественно различных форм движения материи численное значение энергии сохраняется.

ПОНЯТИЕ ЭНЕРГИИ И ПОНЯТИЕ ФОРМЫ ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИИ

Изучая энергетическую сторону процессов природы, физика рассматривает ту или иную форму движения со стороны ее превращения в другие физико-химические формы движения. Вместе с тем энергетическая сторона физико-химических процессов далеко не исчерпывает всего богатства той или иной конкретной формы движения, хотя и является их существенной характеристикой.

Механика рассматривает, например, одну из форм движения материи — пространственное перемещение материальных объектов, отвлекаясь при этом от многих свойств тел. Она игнорирует, в частности, природу взаимосвязи тел, т. е. не инте-

ресуется процессами, происходящими в пространстве между телами при их взаимодействии. Но и при таком абстрактном рассмотрении механического движения оно обнаруживает большое число своих сторон и особенностей. Механическое движение характеризуется понятием скорости, понятием количества движения ($m \cdot v$). Механика оперирует также понятием момента количества движения и устанавливает закон сохранения момента количества движения, наряду с законом сохранения количества движения. Для характеристики особого случая механического движения — вращения тела вокруг подвижной оси — механика вводит понятие угловой скорости, понятие момента инерции — величины, аналогичной инертной массе, проявляющейся при обычном поступательном движении тела.

Все эти понятия вместе с основными законами механики и их следствиями характеризуют механическую форму движения материи. Чтобы выяснить, какое место занимает понятие энергии в характеристике механического движения, необходимо вспомнить, что понятие энергии было введено в механику только в XIX в., т. е. уже после того, как она была построена и развита в своих основных чертах. Отсюда следует, что понятие механической энергии не тождественно понятию самого механического движения. Упомянутые выше понятия механики определенным образом характеризуют механическое движение как таковое, не затрагивая его энергетической стороны, т. е. отвлекаясь от самого факта превращения механического движения в другие формы движения и не рассматривая само механическое движение как результат превращения качественно другой формы движения.

К этому следует добавить, что такие понятия, как понятие траектории, силы, момента силы, ускорения и др., являются вполне самостоятельными понятиями, характеризующими механическое движение и не вытекающими из понятия энергии. Только вся совокупность понятий и законов, относящихся к механическому движению, включая сюда и закон сохранения и превращения энергии, может на данном уровне знаний охватить всю сложную картину этой формы движения материи. Вот почему понятие механической энергии, являясь существенной характеристикой механического движения, не исчерпывает всех сторон этой формы движения материи и, следовательно, не совпадает с понятием механической формы движения. Понятие механической энергии у́же, чем понятие механической формы движения материи.

Понятие механической энергии выражает собой факт превращения механической формы движения материи в другие

формы движения. Это понятие дает количественное выражение для самого механического движения, поскольку последнее может исчезнуть как таковое и послужить причиной возникновения качественно новой формы движения материи. Все это позволяет выражать мысль о превращении механической формы движения в другие формы движения более кратко: механическая энергия превращается, например, в тепловую энергию.

Различие понятий энергии и формы движения материи можно проследить и на других, не механических формах движения. Понятие «тепловая энергия» не тождественно понятию «атомно-молекулярная форма движения». Понятие «электромагнитная энергия» не тождественно понятию «электромагнитная форма движения материи» и т. п.

Подчеркивание различия понятий энергии и формы движения материи дает лишний аргумент в борьбе против идеалистических извращений понятия энергии. Согласно энергетизму, энергия есть некая особая мировая субстанция, изменения которой якобы порождают все многообразие физических явлений. Из важнейшей характеристики материального движения энергия становится «чистым» движением как таковым, оторванным от материи и существующим в качестве некоей самостоятельной сущности. Весь мир превращается в чисто энергетические изменения, характер которых определяется, согласно энергетизму, свойствами нашего сознания.

Если понятие энергии не исчерпывает всего богатства форм материального движения и не совпадает с понятием движения, то тем самым у энергетизма отнимается возможность рассматривать мир как чисто энергетические изменения.

Энгельс еще не проводил различия между понятием энергии и понятием формы движения материи в пределах физико-химических явлений. Но в эпоху Энгельса, когда понятие энергии только еще начинало входить во всеобщее употребление и находить признание, не возникал, да и не мог возникнуть, вопрос о различии между этими понятиями. Энгельс подчеркивал в законе сохранения и превращения энергии самое главное, самое существенное. Он показал, что этот закон есть выражение всеобщей взаимосвязи и взаимопревращений форм движения материи. Энгельсовская трактовка понятия энергии, как совпадающего с понятием формы движения материи, вскрывала диалектико-материалистическое содержание закона сохранения и превращения энергии. Различные виды энергии — это, согласно Энгельсу, различные виды материального движения. Несотворимость и неуничтожимость энергии непосредственно означала несотворимость и неуничтожимость движения материи.

В эпоху Энгельса закон сохранения и превращения энергии еще только начинал получать всеобщее признание как основной закон естествознания. Энгельс, критикуя, например, беспомощность и путаницу известного физико-химика Видемана в теоретических вопросах, писал: «...У него положение о сохранении энергии чисто внешним образом пристегивается к старой традиционной теории, подобно тому как прибавляют новую геометрическую теорему к прежним теоремам. Он вовсе не догадывается о том, что это положение делает необходимым пересмотр всех традиционных взглядов как в этой области естествознания, так и во всех прочих»[1]. Гениальность Энгельса проявилась в том, что он сразу оценил всеобщее значение вновь открытого закона, указал на необходимость перестройки всех традиционных взглядов и раскрыл глубокое диалектико-материалистическое содержание нового закона, прямо направленное против идеализма и метафизики, господствовавших в теоретическом естествознании той эпохи.

В эпоху Энгельса закон сохранения и превращения энергии рассматривался часто как простое эмпирическое правило, имеющее частное значение. Идеализм в ту эпоху не успел еще усмотреть всеобщности этого закона, его материалистической сущности, враждебной всякому идеализму и метафизике в области физико-химических наук. Только позднее, когда всем ходом развития естествознания все очевиднее стало обнаруживаться материалистическое содержание нового закона, появились идеалистические попытки извратить его подлинный смысл. Оствальд, например, пытался создать «энергетическую» философию, которая представляет собой «учение» об энергии как об особой единственной субстанции мира. Оствальдовская энергетика является идеалистической попыткой оторвать движение от материи и тем самым устранить из науки само понятие материи. Появление антинаучной концепции энергетизма явилось порождением господствующей буржуазной реакционной идеологии, которая часто ставит себе задачей подкрепить «новейшей аргументацией» старые, престарые идеалистические построения.

Перед Энгельсом еще не стояла задача борьбы с энергетизмом, ибо эта разновидность реакционной философии в буржуазной науке еще не возникла. Нет никакого сомнения в том, что Энгельс дал бы решительный отпор «энергетической» идеалистической философии, если бы дожил до ее появления. Рассматривая содержание понятия энергии, Энгельс главное внимание

---

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1950, стр. 111.

сосредоточил на борьбе против господствующей метафизики, раскрывая *диалектико*-материалистическое содержание этого понятия. После Энгельса, продолжая и развивая его материалистическую линию в этом вопросе, В. И. Ленин в новых исторических условиях беспощадно разгромил современных ему энергетиков. В. И. Ленин показал, что энергетическая философия представляет собой одну из многочисленных попыток устранить основные философские направления — материализм и идеализм. «В терминах „энергетики",— писал В. И. Ленин,— так же можно выразить материализм и идеализм (более или менее последовательно, конечно), как и в терминах „опыта" и т. п.»[1]. Последовательно развивая диалектико-материалистическую философию, В. И. Ленин вскрыл идеалистическое существо оствальдовской энергетики, скрытое за претенциозными попытками устранить основной вопрос философии. Оствальд, как показал В. И. Ленин, усматривал источник энергетического характера явлений природы в свойствах нашего сознания, а последнее есть чистый идеализм.

Страстно отстаивая марксистское учение от различного рода ревизионистов и прямых врагов марксизма, В. И. Ленин нанес уничтожающий удар энергетикам, восстановил подлинные диалектико-материалистические взгляды Энгельса на природу энергии, со всей силой подчеркнул, что понятие энергии есть выражение *материального* движения, и развил дальше учение диалектического материализма о материи и движении.

В наши дни «физический» идеализм, извращая данные науки, толкует известное соотношение между массой и энергией как «доказательство» превращения материи в энергию. Тем самым самоновейший энергетизм, как и энергетизм Оствальда, в новых вариантах проводит идею отрицания основного понятия философского материализма — понятия материи.

Для успешной критики новейшего энергетизма необходимо опираться на замечательные ленинские идеи, развитые им в беспощадной борьбе против современных ему энергетиков.

Разоблачение псевдонаучной аргументации новейших энергетиков требует, конечно, конкретного анализа тех изменений, которые внесла современная физика в старые понятия массы и энергии. Началом этих изменений послужили, как уже отмечалось, классические опыты П. Н. Лебедева.

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 260.

ОПЫТЫ П. Н. ЛЕБЕДЕВА — НАЧАЛО ИЗМЕНЕНИЙ НЬЮТОНОВСКОГО ПОНЯТИЯ МАССЫ

Факт светового давления, доказанный классическими опытами П. Н. Лебедева, означает, прежде всего, что свет обладает определенным количеством движения.

Пусть мы обнаружили при помощи прибора П. Н. Лебедева наличие некоторого давления-импульса, которое оказал свет на металлическую пластинку. При этом произошло увеличение количества движения пластинки. Но это увеличение могло произойти только за счет какого-то другого материального объекта, сообщившего пластинке это количество движения. Естественно сделать вывод, что этим другим материальным объектом может быть только свет.

Изменение количества движения любого материального объекта равно произведению его массы на изменение скорости. Если рассматривать случай падения света на абсолютно черную, вполне поглощающую поверхность, то скорость света в процессе поглощения уменьшается до нуля. Следовательно, изменение количества движения, которым обладал свет, равно произведению некоторой массы m на скорость света c. Масса в данном случае — это, очевидно, масса, присущая свету.

Теоретические подсчеты на основе электромагнитной теории дают для величины давления света выражение: $p = \frac{\varepsilon}{c}$, где ε— энергия света, падающая на поверхность в единицу времени, c — скорость света. Так как давление равно по величине изменению количества движения mc, то $mc = \frac{\varepsilon}{c}$, или $m = \frac{\varepsilon}{c^2}$[1].

Таким образом оказывается, что масса, которой обладает световой поток, существенным образом связывается со световой энергией[2].

Если раньше в старой физике можно было полагать, что масса остается неизменной, «равнодушной» к энергетическим изменениям, то теперь, во всяком случае по отношению к свету, необходимо было сделать заключение, что масса светового потока зависит вполне определенным образом от присущей ему энергии.

Механика Ньютона допускала наличие покоящихся тел.

[1] См. С. И. Вавилов. Давление света, масса и энергия. «Успехи физ. наук», 1923, т. III, вып. 2—3, стр. 192—197.

[2] Следует заметить, что понятие «световая энергия» не совпадает с понятием «свет». Свет есть определенная форма материи (особый вид электромагнитного поля). Световая энергия есть существенная характеристика специфической формы движения светового протока.

Следовательно, масса тела могла мыслиться вне движения тела, а значит, и вне связи с энергией, которая выражает собой это движение. В соответствии с этим можно было говорить о массе покоящегося тела, о массе как таковой, вне тех изменений, которые позволяют обнаружить эту массу, как определенное свойство материального тела. Ясно, что представление о покоящейся массе является абстракцией, поскольку само представление о покое есть известная абстракция.

Понятие массы в механическом смысле оказывается неприменимым к свету. Масса, присущая свету, обладает новыми особенностями. Масса светового потока обнаруживает неразрывную связь с энергией, присущей свету и, следовательно, не может быть оторвана от движения. Возможность отрыва движения от материи, которое допускает механика, объясняет то обстоятельство, что существенное свойство материи, ее инертность могло мыслиться в механике абстрактно, как таковое, вне существенной связи с движением. Масса, будучи мерой инертности, рассматривалась в старой механике как количество материи, совершенно не зависимое от движения, не связанное с ним.

Глубокая связь массы и энергии светового потока, вытекающая из опытов Лебедева (связь, которая получила более общий смысл в дальнейшем развитии физики), несомненно свидетельствует о необходимости пересмотреть, уточнить ньютоновское понятие массы. Понимание массы как простого количества материи, пропорционального плотности и объему тела, оказалось неточным.

Изменение ньютоновского понятия массы в связи с опытами П. Н. Лебедева привело так же в дальнейшем развитии физики к уточнению наших знаний о строении материи. Обнаружилось, что материю нельзя себе представить состоящей только из абсолютно неизменных атомов, что свет нужно рассматривать как один из видов материи.

Вместе с тем углубление наших знаний о строении материи, обнаружение более сложных законов ее движения, чем сравнительно более простые закономерности механического движения, позволило более глубоко раскрыть природу массы материальных объектов и, следовательно, изменить старое исторически ограниченное ньютоновское понятие массы.

Свет как особый вид материи нисколько не менее материален, чем обычные тела, состоящие из атомов и обладающие механической массой. Глубокое исследование природы света показало, что ему присуще своеобразное свойство инертности. Следовательно, можно сказать, что свет обладает массой, ко-

торую и в данном случае можно рассматривать как меру инертности, присущую световому потоку. Лишено смысла говорить, что по отношению к свету масса попрежнему остается количеством материи, пропорциональным плотности и объему тела; сами понятия плотности и объема по отношению к свету коренным образом меняют свой смысл. Вот почему понятие массы по отношению к световому потоку не тождественно с ньютоновским понятием массы.

Определяя энергию, как меру движения материи, мы видели, что для каждой конкретной формы движения имеет место своя, специфическая мера движения, выражающая собой качественные особенности этой формы движения. Инертность как свойство, неразрывно связанное с движением и присущее всем материальным объектам, так же как и движение должно по-особому проявляться в каждой отдельной форме движения, отражая тем самым качественные особенности материального движения. Естественно, что масса, являясь мерой инерции, не может быть чисто количественным выражением этого свойства, но должна отражать и качественные особенности его проявления.

Обнаружение качественных модификаций инертного свойства материи есть обнаружение качественного богатства самой материи.

Значение классических опытов П. Н. Лебедева по световому давлению не исчерпывается фактом изменения понятия массы. Если инертность присуща электромагнитному полю, то тем самым открывается возможность понять природу массы тел на основе раскрытия более глубоких законов взаимосвязи поля и вещества. Эту возможность намечает электромагнитная теория, которая еще в конце XIX в. делает попытку раскрыть электромагнитную природу массы электрона.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ МАССА

Новая физика, отбросившая идею эфира как особой механической среды, выработала плодотворное понятие поля. Различного рода поля, связанные с телами, столь же материальны, как и сами эти тела, существующие во взаимосвязи, взаимодействии с полями. Поле — один из тех «диковинных» видов материи, который обнаружила современная физика; она все глубже раскрывает связи поля с веществом, все полнее познает связи различного рода полей друг с другом.

Электрон движется в электромагнитном поле. Для всякого изменения состояния движения электрона, как и любого другого

материального тела, требуется приложить к нему определенную силу, затратить, следовательно, определенную работу. В процессе работы преодолевается известное сопротивление движению. Это сопротивление при прочих равных условиях определяется величиной массы тела, измеряющей его инертность. Механика при этом отказывается объяснять само свойство инерции, она объявляет его изначальным, «врожденным» свойством тел. Она требует сведе́ния всех остальных явлений и свойств тел к этому неизменному свойству.

Отвлечемся временно от механического, «врожденного» свойства инерции у электрона. При таком предположении должно, казалось бы, получиться полное отсутствие всякого сопротивления изменению движения электрона. Однако простые соображения показывают, что если бы у электрона даже совсем не было механической инертности, он тем не менее обладал бы инертностью электромагнитного происхождения.

В самом деле, пусть, например, электрон приходит в движение из состояния покоя. При этом вокруг него возникает магнитное поле. Но для создания магнитного поля необходимо затратить определенную работу. Это означает, в свою очередь, что электрон оказывает сопротивление производимому движению, ибо только в этом случае внешние силы, приводящие в движение электрон, могут совершать работу. Если же, наоборот, останавливать движущийся электрон, то при этом происходит уменьшение магнитного поля. Но уменьшение магнитного поля, согласно закону индукции, вызывает появление добавочного электрического поля, которое своим магнитным действием будет противодействовать производимому движению, т. е. будет противодействовать остановке электрона. Таким образом, и в данном случае имеет место своеобразная инерция движения электронов.

Это явление давно уже было исследовано для обычного электрического тока и получило название явления самоиндукции. Известное правило Ленца, позволяющее определить направление тока самоиндукции, представляет собой не только выражение закона сохранения и превращения энергии, но и раскрывает глубокий смысл электромагнитной инерции, связывая это свойство электрических токов с энергетическими процессами, происходящими в электрическом и магнитном полях.

Энергия магнитного поля, созданного электроном $\left(E=\frac{1}{3}\frac{e^2v^2}{r_0c^2}\right)$, пропорциональна квадрату скорости движения электрона. Качественно это вполне понятно, ибо само магнитное поле появляется в результате движения электрона с неко-

торой скоростью v. Таким образом, получается, что электрон обладает своеобразной кинетической энергией, обусловленной наличием электромагнитного поля, связанного с движущимся электроном. Эта энергия соответствует, следовательно, наличию особой инертности электромагнитного поля или массы электромагнитного происхождения. Если обозначить эту массу электрона через m_0, то ее величина, определенная из условия $\frac{m_0 v^2}{2} = \frac{1}{3} \frac{e^2 v^2}{r_0 c^2}$, равна $m_0 = \frac{2}{3} \frac{e^2}{r_0 c^2}$.

Мы видим, что электрон, оказывается, обладает особой массой, обусловленной его движением в электромагнитном поле, порожденном им же самим. Эта масса, величина которой подсчитана из выражения для энергии поля, связанного с частицей, и представляет собой основной результат «полевой гипотезы» массы.

Разумеется, электромагнитная масса совсем не может рассматриваться здесь как некое «врожденное» свойство электрона. Напротив, электромагнитная масса получает свое объяснение путем раскрытия тесной взаимосвязи электрического и магнитного полей в процессе движения электрона с некоторой скоростью. Основная идея полевой гипотезы состоит в том, чтобы объяснить так называемую собственную массу частицы как результат сложного взаимодействия полей и самой частицы.

Необходимо иметь в виду, что до сих пор мы предполагали полное отсутствие у электрона обычной механической инертности, которая предстает в механике, как «врожденная сила материи». Кроме того, все расчеты велись в предположении сравнительно небольшой и при том постоянной скорости движения электронов ($v \ll c$). В этом случае электрическое поле электрона, если можно так выразиться, не деформируется. Силовые линии этого поля направлены строго радиально, и густота их равномерно распределена по всему пространству. Это допущение означает некоторую идеализацию рассматриваемого процесса в духе ньютоновской механики. Полагая, что скорость движения электрона никак не отражается на структуре поля, окружающего электрон, мы тем самым делали допущение, что электромагнитное взаимодействие распространяется мгновенно, с бесконечной скоростью. Но в действительности скорость распространения электромагнитных полей хотя и очень велика (300 000 км/сек), но все же конечна. Это обстоятельство приводит к различным значениям интенсивности поля в направлении движения электрона и в плоскости, перпендикулярной этому движению. Это изменение распределения интенсивности поля тем сильнее, чем ближе скорость

электрона к скорости света. При этом неоднородность электромагнитного поля, возрастающая с увеличением скорости движения, является фактором, влияющим на увеличение инерции электрона. Каждое последующее возрастание скорости электрона требует соответственно большей затраты энергии, чем предыдущее. Это выражается в наличии у электрона, обладающего большой скоростью, большей величины инерции.

В случае очень большой скорости энергия электрона растет с увеличением скорости значительно быстрее, чем это следует из выражения энергии $\frac{1}{3}\frac{e^2v^2}{r_0c^2}$, т. е., другими словами, электромагнитная энергия при больших скоростях движения электрона перестает быть пропорциональной квадрату скорости, но обнаруживает какую-то сложную связь со скоростью света. Это означает, что величина $m_0 = \frac{2}{3}\frac{e^2}{r_0c^2}$, которая была названа электромагнитной массой электрона, должна изменяться в зависимости от скорости движения, увеличиваясь с приближением этой скорости к скорости света. Масса $m_0 = \frac{2}{3}\frac{e^2}{r_0c^2}$, которая выражает инерцию электрона, движущегося с небольшими скоростями, получила название электромагнитной массы «покоя», или, иначе, «собственной» электромагнитной массы.

Электромагнитная масса электрона, выражая его электромагнитную инерцию, должна была послужить исходным пунктом к построению теории движения электрона, подобно тому как для ньютоновской динамики точкой отправления послужила механическая инерция. Но здесь, в отличие от общей механики, пришлось с самого начала исходить из изменчивости электромагнитной массы и найти выражение зависимости электромагнитной массы от скорости движения электрона. Для этого необходимо было, кроме учета нерадиального распределения электрического поля при движении электрона, сделать определенное предположение о форме самого электрона.

Лоренц, в отличие от других исследователей, исходил из гипотезы сокращения электрона по направлению его движения. Это допущение было сделано им на основе отрицательных результатов опыта Майкельсона, ставившего своей задачей обнаружить движение Земли относительно «мирового эфира». Невозможность обнаружить это движение Лоренц объяснял наличием реального сокращения всех тел, движущихся с некоторой скоростью. При этом для электрона необходимо было допустить, что его радиус сокращается в направлении движе-

ния в отношении: $1 : \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$, в то время как его размеры, перпендикулярные направлению движения, остаются прежними. Принимая во внимание такое изменение формы электрона и учитывая нерадиальное распределение электромагнитного поля при движении электрона, Лоренц получил следующее выражение для зависимости электромагнитной массы электрона от скорости его движения: $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$, где $m_0 = \frac{2}{3} \frac{e^2}{r_0 c^2}$ — собственная электромагнитная масса электрона (масса «покоя»).

Физики, однако, предполагали, что изменение электромагнитной массы в эксперименте не затронет обычной механической неизменной ньютоновской массы, которая должна, повидимому, быть и у электрона. В силу этого предполагалось, что наличие этой механической неизменной массы существенно повлияет на ту картину, которая получится в опытах по изучению зависимости электромагнитной массы от скорости движения электронов. Это отклонение экспериментальной кривой от теоретически вычисленной должно произойти потому, что действие силы электрического и магнитного полей зависит не только от величины электромагнитной массы, но и от обычной механической массы. А так как во все теоретические расчеты по определению вида кривой механическая масса не входила, то ее фактическое наличие должно было бы дать определенное отклонение от теоретической кривой.

Но результаты экспериментов были неожиданными[1]. Экспериментальные кривые, в пределах ошибок опыта, точно совпадали с теоретическими. Электроны вели себя так, словно их масса была целиком электромагнитного происхождения. Такой вывод действительно и был сделан многими физиками в начале этого века. Известный французский физик-материалист П. Ланжевен говорил, например, в своем докладе, сделанном в 1904 г.: «...Совпадение с формулами, предположительно рассчитанными на то, что масса целиком электромагнитна, достаточно удовлетворительно. Поэтому было бы целесообразно допустить, что, по меньшей мере, катодные корпускулы (электроны.— *Н. О.*) не обладают другой инерцией, кроме инерции, происходящей от их электрического заряда... Весьма желательно принять этот же закон и для всей материи, рассматривая ее как скопление электронов обоих знаков»[2].

---

[1] См. С. Э. Фриш. Опытное подтверждение формул Лоренца—Эйнштейна. «Успехи физ. наук», 1922, т. III, вып. 1, стр. 89.

[2] П. Ланжевен. Избр. произв., 1949, стр. 83.

Это положение о наличии у электрона одной лишь электромагнитной инерции, а значит и одной только электромагнитной массы, явилось выводом из опытных фактов, сделанным в предположении неизменности механической массы, если бы таковая была у электрона. Этот вывод, сделанный после опытов Кауфмана в 1902—1907 гг., проистекал из изложенных выше фактов при допущении, что механическая масса есть нечто абсолютно неизменное.

В дальнейшем, однако, оказалось, что вывод о наличии у электрона одной только электромагнитной массы не имеет оснований. Дело в том, что современная теория быстрых движений дает точно такую же формулу зависимости массы любого тела от скорости его движения, как и формула Лоренца. Эта формула

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

где m — масса тела любой природы, справедлива и для обычной механической массы, поскольку эта масса служит мерой инертности материальных объектов, подверженных механическому перемещению. Механическая масса в связи с этим приобретает новый характер, теряя свою неизменность. Этот закон изменения массы со скоростью справедлив не только для электронов, но и для незаряженных частиц, например нейтронов. Одинаковый закон изменения механической и электромагнитной массы не дает возможности сделать окончательный вывод о природе массы электрона, ибо в существующих опытах обе массы ведут себя совершенно одинаково. Этот закон позволяет, вообще говоря, сделать вывод об электромагнитном характере массы электрона, но вместе с тем и не дает однозначного решения вопроса о природе его массы. Наличие, скажем, механической массы у электрона вместе с электромагнитной не противоречило бы известным опытам. Для более строгого выяснения природы массы электрона требуются другие, совершенно новые эксперименты, которые позволили бы обнаружить различие в самой природе массы электрона. Современная физика еще не дает соответствующих теоретических соображений, которые позволили бы совершенно конкретно поставить экспериментальную задачу. Но необходимость таких экспериментов диктуется, по нашему мнению, современным состоянием вопроса о природе массы элементарных частиц.

Полевая гипотеза массы электрона схватывает весьма существенную сторону объективных, реальных связей. Эта гипотеза

указывает на то, что для электрона некоторую часть его массы составляет масса электромагнитного происхождения.

Инертность, измеряемая массой, не получила объяснения в «классической» механике. Понятие электромагнитной массы, выработанное под влиянием новых экспериментальных фактов, явилось первым шагом на пути действительного объяснения этого свойства. Переменный характер электромагнитной массы обнаруживает глубокие причины самого свойства инертности и открывает возможность его объяснения. Само изменение электромагнитной массы происходит вследствие того, что электромагнитный импульс, или, в общем случае, любой электромагнитный процесс, распространяется хотя и с очень большой, но все же с конечной скоростью. Эта конечная скорость распространения электромагнитного возмущения приводит ко все более и более неравномерному распределению электромагнитного поля при увеличении скорости движения частиц. Это своеобразное нарушение структуры поля, своего рода «деформация», возникающая при увеличении скорости частицы,— прямое следствие конечной скорости распространения возмущений в самом поле. Но изменения самого поля приводят к тому, что чем больше скорость электрона, тем бо́льшая сила необходима для его ускорения.

Если бы любое материальное взаимодействие распространялось с бесконечной скоростью, как это допускает ньютоновская механика, то, конечно, не было бы никакого изменения инертных свойств тел. Но так как в действительности, как установила современная физика, никакое реальное взаимодействие материальных объектов не может совершаться со скоростью, превышающей скорость света, то, следовательно, любой материальный объект при своем движении должен увеличивать свою инертность с приближением его скорости к предельной скорости переноса материальных взаимодействий.

Открытие факта изменения массы любой природы в зависимости от скорости движения свидетельствует, в частности, о глубоком родстве электромагнитной и механической масс. Будущая теория, призванная пойти значительно дальше в объяснении природы массы материальных объектов, должна развиваться по пути обобщения электромагнитных и механических свойств, проявляющихся во взаимодействии тел и полей. Один и тот же закон изменения массы $\left(m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\right)$, независимо от природы последней, несомненно является отражением глубокого единства инертных свойств материи.

Обычная механическая масса, являясь мерой механической инертности материальных объектов, тесно связана с гравитационными свойствами. Ее природа, факт ее изменения со скоростью движения тела по тому же закону, что и для электромагнитной массы, могут получить объяснение только на пути раскрытия всей сложной картины связей между инертными и гравитационными свойствами материи. Иными словами, исследование законов движения тел в гравитационных полях поможет раскрыть природу обычной механической массы, подобно тому, как исследование законов движения электрически заряженного тела в электромагнитном поле раскрывает природу электромагнитной массы.

ТРУДНОСТИ ПОЛЕВОЙ ГИПОТЕЗЫ МАССЫ

Полевая гипотеза массы приблизительно верно отражает сущность инертных свойств движущегося электрона. Но попытки распространить ее на другие элементарные частицы встречаются пока с трудностями, не получившими еще своего решения.

Оказывается, что кроме обычной механической массы, связанной с движением материальных объектов в гравитационном поле, должны существовать массы другой природы, связанные, повидимому, с движением частиц в качественно своеобразных полях, отличных как от гравитационного, так и от электромагнитного полей. Если рассматривать, например, ядерные частицы, нейтроны и протоны, получившие название нуклонов, то их масса должна получить объяснение на пути исследования их движения в особом ядерном поле, где взаимодействие осуществляется через мезоны. Иначе говоря, масса нуклонов может получить свое объяснение в связи с их движением в мезонном поле[1].

Но здесь возникает трудность, связанная с тем, что сами мезоны, рассматриваемые как своеобразные «фотоны» ядерного поля, имеют массу, которая в свою очередь требует объяснения своей природы. Казалось бы, что для последовательного проведения полевой гипотезы, которая объясняет массу одних частиц посредством других частиц, необходимо построить «замкнутую» теорию. В противном случае потребуется вводить бесконечный ряд частиц и полей для объяснения массы каждой частицы. Однако, мы полагаем, что для разрешения этой трудности развитие полевой теории массы должно итти по линии

[1] См. Д. Д. Иваненко. Введение в теорию элементарных частиц. «Успехи физ. наук», 1947, т. XXXII, вып. 3, стр. 305.

обобщения и раскрытия глубокой связи между различного рода полями — гравитационными, электромагнитными, мезонными и т. д.

Современная теория «элементарных» частиц предполагает, что частицы якобы не имеют размеров, что они представляют собой точечные образования. А между тем гипотеза электромагнитной массы электрона связана с наличием «классического электростатического радиуса» электрона. Представление о протяженном электроне и требования современной теории находятся в непримиримом противоречии.

Буржуазные физики не придают большого значения этому противоречию, полагая, что представление о непротяженных частицах не может вызывать никаких возражений, ибо само понятие частицы есть якобы нечто чисто условное. Известный представитель откровенного «физического» идеализма А. Эддингтон усмотрел даже в этой трудности теории возможность устранить из понятия частицы ее реальное материалистическое содержание. «Термин „частица“,— пишет он,— сохранился в современной физике, но очень мало осталось от его классического значения. Теперь лучше определять частицу как *концептуальный носитель ряда изменений*»[1]. Представление о непротяженных частицах само по себе есть нечто лишенное смысла и ни в какой мере не может соответствовать объективной природе материальных объектов, изучаемых физикой. Это представление дает повод для разного рода идеалистических спекуляций о внепространственном бытии «элементарных» частиц и, тем самым, приводит к тому, что «элементарные» частицы начинают рассматриваться как чистые понятия («концептуальные носители»), которым мы якобы произвольно приписываем субъективные характеристики. Трудность с непротяженными частицами состоит главным образом не в противоречии между старой теорией и новой теорией (хотя такое противоречие несомненно есть), но прежде всего в самом представлении о частицах, не имеющих пространственных размеров. Здесь имеет место противоречие между идеалистическими представлениями современной теории и объективной действительностью.

Разумеется, все это не означает, что единственным выходом из этого противоречия является возврат к старой теории, имеющей дело с протяженными частицами: суть дела в том, что само представление о протяженности по отношению к самому электрону или к любой другой «элементарной» частице требует

---

[1] A. S. Eddington. Fundamental Theory. Cambridge, 1949, p. 30.

пересмотра. Представление об электроне как о неком шарике радиуса r имеет значение лишь первого приближения к объективной природе этой «элементарной» частицы. Пространственное бытие электрона требует более точного, во всяком случае какого-то другого выражения, чем простое представление о шарике.

Наконец, эти поиски должны привести к пересмотру представления о самой структуре пространства в микромире, что еще полнее раскрывало бы факт неразрывности пространства как формы существования материи с самой материей, с ее бесконечно разнообразными структурными формами.

В рамках настоящей работы нет смысла исследовать формально-математические попытки решения трудностей, возникающих при анализе движения «элементарных» частиц. Необходимо только констатировать, что проблема массы частиц, и в особенности проблема их собственной массы, остается далеко еще не решенной. Хотя следует заметить, что наиболее вероятный выход из трудностей необходимо, повидимому, искать на пути полевой гипотезы массы, ибо отправные точки этой теории заключают в себе правильные положения о тесной взаимосвязи собственной массы частицы и ее движения в поле. Природа массы «элементарных» частиц может быть раскрыта только на пути установления связи между процессами, происходящими в полях, окружающих частицу, и самой частицей с ее многообразными свойствами. Весьма возможно, что природа массы той или иной частицы может получить существенное выяснение при анализе уравнений движения частиц. И если иметь в виду, что уравнения движений различны для различного типа частиц, то, повидимому, и природа массы различных частиц должна обнаружить качественные особенности. Различные частицы должны обладать, повидимому, массой различной природы, обусловленной качественным различием полей, порожденных ими или, точнее, находящихся во взаимной связи с той или иной частицей. Самый факт наличия различных уравнений для различного типа частиц есть отражение качественных особенностей движения этих частиц. Движение той или иной частицы поистине представляет форму ее существования. Вот почему и масса, как характеристика частицы, тесным, неразрывным образом связана с ее движением, с теми или иными особенностями движения: она должна стать не просто количественным выражением свойства инертности, но отражать собою и качественные особенности движения частиц. Имея в виду различную природу инертных свойств у различных материальных объектов (нейтрон и электрон), можно сказать, что массы различных

объектов имеют качественную специфику. В дальнейшем развитии теории несомненно будет учтена различная природа инертных свойств, другими словами качественная специфика масс.

ЗАКОН ВЗАИМОСВЯЗИ МАССЫ И ЭНЕРГИИ И ЕГО ФИЛОСОФСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Изучение электромагнитных явлений позволило произвести известное обобщение представления об инертности. Обнаруживается, по крайней мере для электромагнитной инерции, что ее природа получает объяснение на пути анализа законов движения материальных объектов. Другими словами, инертность обнаруживает тесную, неразрывную связь с движением.

Движение материи, его вечность и несотворимость имеет как бы свою обратную сторону, свое другое проявление — инертность, которая, как говорил Энгельс, есть не что иное, как отрицательное выражение неуничтожимости движения.

Если движение материи, не исчезая количественно, способно претерпевать бесконечно-разнообразные превращения, то, повидимому, и инертность как свойство, тесно связанное с движением, должно претерпевать качественные видоизменения. Но качественное различие инертности, выражаемое различными массами, предполагает их единство. Единство различных масс состоит в том, что все они выражают материальность мира в форме отражения существенного свойства материи, тесно связанного с ее движением. Это единство находит свое выражение в том, что, например, механическая и электромагнитная массы подчиняются одному и тому же закону изменения в зависимости от скорости движения:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Вместе с тем в последнем выражении с очевидностью обнаруживается тесная, неразрывная связь инертных свойств с движением, представленным в этом выражении скоростью движения v. Но это выражение не охватывает, однако, всех инертных свойств, известных в настоящее время в физике. В частности, его нельзя, например, непосредственно применить к фотонам, которые также обладают массой, выражающей собой их инертность.

По отношению к массе светового потока была получена вытекающая еще из опытов Лебедева зависимость между массой и энергией в виде выражения: $E = mc^2$. Последняя формула применительно к свету как определенному виду материи, существующему в определенной форме материального движения, выражает неразрывную связь массы (инертных свойств) с энергией, представляющей собой меру движения.

Можно сказать, таким образом, что для различных материальных объектов первоначально были установлены различные формулы, обнаруживающие связь инертных свойств материи с ее движением. Но дальнейшее развитие науки показало, что единство инертных свойств материи с ее движением носит еще более общий и вместе с тем более глубокий характер. Выражение $E = mc^2$, которое является прямым результатом опытов Лебедева, имеет обобщающее значение. Это выражение справедливо не только для света, но и для любого другого материального образования, обладающего массой.

Общность этого выражения дает возможность новой трактовки «массы покоя» или, иначе, собственной массы вещественных тел. Масса любого типа тесно связана с соответствующей ей энергией. Следовательно, собственная масса есть выражение инертности, соответствующей какой-то, пока еще неизвестной, форме движения. Собственную массу частицы нельзя рассматривать вне того внутреннего движения частицы, которое составляет форму ее существования. По величине собственной массы частицы можно судить о величине энергии, которой обладает эта частица.

Например, по величине собственной массы позитрона и электрона можно вычислить энергию, содержащуюся в этих частицах, которая при некоторых условиях может превратиться в любой другой вид энергии и которая сама является результатом превращения энергии фотонов в процессе образования пары. Это обстоятельство позволяет в конкретно физических исследованиях вместо собственной массы говорить о собственной энергии частиц, величина которой дается соотношением $E = mc^2$.

В старой физике не было возможности говорить о зависимости массы тела от содержащейся в нем энергии. Если энергия тела возрастала, то его масса, являясь простым ее «вместилищем», оставалась, так сказать, «равнодушной» к изменениям энергии. При таком положении дел скорее всего могла явиться мысль, что энергия представляет собой нечто самостоятельное, субстанциональное, не связанное с материальными объектами. Новый закон, обнаруживающий неразрыв-

ную связь массы и энергии, ни в какой мере не может служить основанием для подобных философски-несостоятельных умозаключений о субстанциональности энергии или о превращении массы в энергию, которые идут по линии идеалистической интерпретации достижений физической науки.

В самом деле, на основании этого закона можно говорить, что определенное количество любого вида энергии связано с вполне определенной величиной соответствующего типа массы. Их неразрывная связь означает, что при любых энергетических превращениях происходит одновременное и органически с ними связанное превращение масс. Если нет ни одного материального образования, которое не обладало бы массой той или иной природы, то, следовательно, не может быть и энергии как таковой, не связанной с тем или иным материальным объектом.

Открытие глубокой взаимосвязи массы и энергии — большое достижение физической науки. Соотношение между массой и энергией содействовало объяснению громадного числа новых фактов. Современная атомная и в особенности ядерная физика немыслима без применения этого соотношения.

Излучение фотонов часто интерпретируется как превращение массы в энергию. В действительности здесь происходит превращение одного материального образования в другое. В неразрывной, органической связи с этим процессом совершается превращение качественно различных форм движения. Поле ядра, которое можно рассматривать как своеобразную комбинацию мезонного и электрического полей, испускает своего рода «фотоны» этого поля: электроны, позитроны, нейтрино. Разумеется, составные части ядра — протоны и нейтроны — не остаются в этом процессе нейтральными «строительными камнями». Будучи органически связанными с ядерным полем, они претерпевают соответствующие изменения. Характеризуя эти процессы с энергетической стороны, можно, конечно, говорить о превращении внутриядерной энергии в световую энергию, в электрическую энергию, в кинетическую энергию движения электронов. Тем самым здесь, как и в других аналогичных случаях, мы выражаем на языке физики факт превращения качественно различных форм движения при их количественном сохранении.

Материя бесконечно сложна в своих свойствах, качествах, проявлениях. Электрон, как и любая другая из «элементарных» частиц материи, так же неисчерпаем, как и атом. «Элементарные» частицы, наряду с массой, характеризуются, например, спином, определенным уравнением движения, определенным типом статистики, волновыми свойствами, некоторые из них

имеют ядерные квазизаряды, проявляющиеся при взаимодействии с тяжелыми частицами ядра. Ясно, что только вся совокупность свойств, характеризующих частицу на данном уровне развития наших знаний о ней, составляет содержание понятия о частице, и ни одно из этих свойств в отдельности не охватывает всего понятия в целом. Понятие энергии, как и понятие массы, являясь другой важной физической характеристикой материального объекта, также не исчерпывает его природы и, следовательно, ни в какой мере не может быть отождествлено с ним.

При количественном анализе различных ядерных реакций обнаруживается явление, получившее название дефекта масс. Рассмотрим, например, ядерную реакцию, протекающую в результате бомбардировки лития протонами: ${}^{7}_{3}\mathrm{L} + {}^{1}_{1}\mathrm{H} \rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$. Образующиеся здесь две альфа-частицы (ядра He) с большой скоростью разлетаются в разные стороны. Простой подсчет сумм масс до реакции и после реакции, *произведенный без учета зависимости массы от скорости движения*, показывает, что сумма масс до реакции больше, чем сумма масс после реакции:

Сумма масс до реакции	8,026294
Сумма масс после реакции . . .	8,007720
Разница	0,018574

В рассматриваемой реакции происходит сложный и во многих своих чертах еще не исследованный процесс превращения от первоначальных продуктов к альфа-частицам. Необходимо при этом помнить, что процесс энергетических превращений всегда органически связан с процессом материальных преобразований, определяется им. Превращение энергии из одной ее формы в другую неразрывно связано с качественным превращением материальных объектов, с изменением их реальных связей или с передачей материи в той или иной ее форме (в форме поля или вещества) от одного материального объекта к другому.

Важно при этом отметить, что в процессе ядерных реакций происходит сложнейшая перестройка реальных связей всей системы частиц, участвующих в реакции. Ясно, что такая перестройка не может не сказаться на изменении такого существенного свойства «элементарных» частиц, как их масса. Факт так называемого дефекта массы первоначального ядра лития и увеличения массы разлетающихся частиц ядра гелия есть результат этой перестройки. В данном случае происходит своеобраз-

ное и еще конкретно не раскрытое наукой перераспределение величины массы, при котором масса не исчезает и которое является результатом глубокого изменения реальных связей системы. Таким образом, и здесь никакого превращения массы в энергию не происходит, но совершается сложный процесс материальных преобразований, в котором масса и энергия, будучи тесно связанными друг с другом, претерпевают соответствующие изменения.

Установление соотношения между массой и энергией является большим теоретическим завоеванием современной физики. Оно позволяет раскрывать существенные стороны самых разнообразных физических процессов: разнообразные ядерные реакции, явление «аннигиляции» электрона и позитрона и процесс образования пар, дефект массы при ядерных превращениях и т. д. Это соотношение открывает возможности глубокого исследования превращения химических элементов и вместе с тем служит одним из существенных теоретических оснований использования атомной энергии. Следовательно, соотношение между массой и энергией, как и всякое другое подлинно научное открытие, имеет еще и громадное практическое значение.

Этим, разумеется, не исчерпывается важность этого закона. Соотношение между массой и энергией имеет и общетеоретическое, философское значение. Его следует рассматривать как отражение глубокой взаимосвязи основных физических свойств материи. Поэтому целесообразно и несомненно более правильно было бы называть это соотношение *законом взаимосвязи массы и энергии*. Такое название больше соответствует действительному смыслу реальных процессов, отражением которых является этот закон, чем применяемый термин «эквивалентность» массы и энергии. Закон взаимосвязи массы и энергии в действительности совсем не выражает их «эквивалентности» или «равноценности», но обнаруживает глубокую взаимосвязь массы и энергии как основных свойств движущейся материи.

Масса и энергия как определенные физические свойства материальных объектов обнаружили свою глубокую связь, свое единство. Это единство не исключает, однако, их различия. Единство массы и энергии не означает, в частности, отмену самостоятельного значения основных законов естествознания — закона сохранения массы и закона сохранения и превращения энергии. Закон взаимосвязи массы и энергии является дальнейшим развитием и углублением этих основных законов современного естествознания. Закон сохранения массы, например, попрежнему остается самостоятельным зако-

ном, хотя и обнаруживает глубокую связь с законом сохранения и превращения энергии. Наличие этой связи вместе с обнаружением определенных различий в инертных свойствах в различных физических объектах заставляет предположить, что, возможно, целесообразней было бы называть закон сохранения массы законом ее сохранения и превращения. Вопреки неверным, но распространенным утверждениям о слиянии двух законов в один закон сохранения энергии, в действительности имеют место два тесно связанных друг с другом закона — *закон сохранения и превращения массы и закон сохранения и превращения энергии.*

Закон сохранения и превращения энергии всегда был опорой диалектико-материалистического воззрения на природу, ибо он вместе с законом сохранения массы является естественно-научной основой коренных положений диалектического материализма о материальном единстве мира, о глубокой взаимосвязи всех форм движения материи.

Диалектический материализм задолго до открытий современной физики выдвинул коренное положение о неразрывной связи материи и движения.

В старой физике, поскольку она была проникнута духом ньютоновской механики, имелись исторически ограниченные, метафизические представления о материи. Масса, рассматриваемая как количество материи, могла мыслиться вне всякой связи с энергией, т. е., в конечном счете, вне всякой связи с движением. Материя поэтому могла быть оторвана от движения, и движение могло быть оторвано от материи.

В современной физике понятие массы отражает существенное физическое свойство материальных объектов. Понятие энергии является естественно-научным выражением особенностей той или иной формы движения материи при ее превращении в другую форму движения. В связи с открытием тесной взаимосвязи массы и энергии можно сказать, что современная физика еще раз продемонстрировала диалектику материальных превращений и со всей очевидностью показала, что нет материи без движения, равно как нет движения без материи.

ПРОТИВ ИДЕАЛИСТИЧЕСКИХ ИЗВРАЩЕНИЙ ПОНЯТИЙ МАССЫ И ЭНЕРГИИ И ЗАКОНА ИХ ВЗАИМОСВЯЗИ

В наши дни буржуазная наука испытывает непосредственно разлагающее влияние насквозь реакционной идеалистической философии, откровенно поставившей себя на службу англо-американской реакции.

Вопреки реальному содержанию научных понятий, «физический» идеализм пытается апеллировать к достижениям науки для того, чтобы найти якобы новые «аргументы» против материализма. И сами буржуазные ученые услужливо помогают в этом господствующей идеологии, снабжая идеализм новейшей аргументацией.

Соотношение между массой и энергией, которое в действительности, как мы видели, служит превосходной иллюстрацией истинности диалектико-материалистического учения о материи и движении, очень часто толкуется как доказательство превращения материи в энергию, «уничтожения» материи.

А. Эйнштейн, который сам писал о том, что Мах оказал решающее влияние на формирование его философского мировоззрения, во многих работах рассматривает массу, а также и материю, как сгусток энергии. Другие буржуазные физики в разных вариантах повторяют эти идеалистические аргументы Эйнштейна и развивают их дальше, усматривая в законе взаимосвязи массы и энергии «опровержение» материализма.

Буржуазный физик К. Дарроу, говоря, например, о распаде урана, в своей книге «Атомная энергия» пишет: «Это есть процесс, заключающий в себе превращение материи в больших количествах в нечто такое, что не является материей»[1]. К. Чейз идет еще дальше: ссылаясь на формулу Эйнштейна $E = mc^2$, он заявляет: «В настоящее время материя, строго говоря, является формой энергии»[2]. Наконец, американский философствующий физик Д. Барнет в своей книге «Вселенная и Эйнштейн», снабженной предисловием самого А. Эйнштейна, говорит: «Эйнштейн показал, что масса и энергия эквивалентны: свойство, называемое массой, есть просто концентрированная энергия. Другими словами, материя есть энергия и энергия есть материя и различие является лишь одним из временных состояний»[3].

В наши дни, в эпоху окончательного разложения буржуазной культуры, в эпоху жесточайшей классовой борьбы социальная обстановка в капиталистических странах такова, что она не только отталкивает естествоиспытателей от Маркса, Энгельса, Ленина и Сталина, но и прямо отравляет их мировоззрение. В результате многие современные буржуазные ученые выступают в тесном союзе с современной реакционной философией в борьбе против материализма.

---

[1] Karl K. Darrow. Atomic Energy. 1948, p. 5.
[2] Carl Chase. The Evolution of Modern Physics. 1947, p. 5.
[3] L. Barnett. The Universe and Dr. Einstein. 1948, p. 58.

Понятия массы и энергии, являясь одним из основных понятий физики с самого их появления в науке, всегда были в той или иной форме предметом усиленных нападок со стороны идеалистически настроенных естествоиспытателей. Идеализм на протяжении всей истории физики с самого момента зарождения этих понятий стремился устранить, выхолостить их материалистическое содержание.

Известный физик XIX в. В. Вебер писал, например: «...Мы доходим до *понятия о массе, с которым представление о пространственном протяжении вовсе не необходимо связано*. Последовательным образом тогда и *величина* атомов в атомистическом способе представления вовсе не будет измеряться *пространственным протяжением*, но их массою, т. е. *тем каждому атому присущим отношением, в котором у этого атома находится сила к ускорению*. Понятие о массе (подобно понятию об атомах) поэтому так же мало грубо и материалистично, как понятие о силе, напротив, может быть признано совершенно равным ему по тонкости и умственной ясности»[1].

В конце XIX в. Э. Мах критикует ньютоновское понятие массы, пытаясь устранить из него материалистическое содержание. «*Телами, равной массы*,— пишет он,— *мы называем такие, которые, действуя друг на друга, сообщают друг другу равные и противоположные ускорения*... В нашем понятии массы нет никакой теории, „количество материи“ в нем совершенно излишне...»[2].

В действительности ньютоновское определение массы содержало в себе прямое указание на материю, и можно сказать, что оно явилось соответственно с уровнем развития естествознания в философии того времени одним из естественно-научных обоснований материализма. Отсюда и проистекают настойчивые попытки идеалистов устранить, скрыть, затушевать эту непосредственную связь понятия массы с материей, как ее представлял материализм той эпохи. На помощь здесь приходит математический, описательный метод «классической» механики, который уже в нашем веке махиствующими физиками возведен в единственный принцип физического исследования. Наука, согласно этому представлению, имеет дело не с вещами внешнего мира, но только с отношениями, выражаемыми математическими формулами. Масса, поэтому, якобы не имеет никакого отношения к материи, она есть простое отношение силы к ускорению или даже отношение ускорений.

---

[1] Цит. по Ф. Ланге. История материализма, СПб., 1899, стр. 479—480.
[2] Э. Мах. Механика. 1909, стр. 182.

Английский махист Пирсон, бешено воюющий с материализмом, в своей «Грамматике науки» пишет: «...Масса оказывается простым числом, представляющим отношение ускорений»[1].

Известный махист А. Пуанкаре, разбирая подробно множество попыток дать определение понятия массы в своей книге «Наука и гипотеза», приходит к выводу, что все усилия в этом направлении необходимо должны быть бесплодными. «Мы очутились в тупике,— пишет Пуанкаре,— и единственный выход из него — это принять следующее определение массы, определение, которому мы сами выдаем свидетельство о его несостоятельности: массы суть известные коэффициенты, которые является удобным и выгодным вводить в наши вычисления»[2].

Совершенно очевидно, что не внутренняя логика самой науки привела Пуанкаре к такому выводу, но логика его махистской идеалистической философии.

В современной физике понятие массы, более сложным образом отражает свойства материальных объектов, чем это было в старой физике. Масса это не количество материи, но прежде всего мера инертности тех или иных материальных образований, мера, которая несет в себе специфические особенности того или иного объекта. Она вместе с тем неразрывно связана с энергией известным соотношением $E = mc^2$, и, следовательно, по величине массы можно судить о величине энергии, содержащейся в теле.

Вследствие значительных изменений понятия массы идеализм вынужден искать новые аргументы, направленные против материалистического содержания этого понятия.

Но идеализм, разумеется, не сложил оружия. Буржуазные физики поистине снабдили поповщину *новой* аргументацией. Знаменитая формула $E = mc^2$, выражающая взаимосвязь массы и энергии, была названа «принципом эквивалентности» массы и энергии. Само это название явилось удобным поводом к тому, чтобы усматривать в этом принципе выражение равнозначности и даже тождественности массы и энергии. Приписывая современному материализму отождествление понятия массы с понятием материи, новейший энергетизм увидел здесь «доказательство» своих путаных идеалистических построений. Правда, бурные успехи квантовой физики, подтвердившие еще раз атомистическое строение материи, похоронили было энергетизм как определенное идейное течение в современном естествознании. Однако в связи с усилением общей идеологической

---

[1] К. Пирсон. Грамматика науки. 1911, стр. 352.
[2] А. Пуанкаре. Наука и гипотеза. 1906, стр. 109.

реакции в новейшей физике снова возрождается своеобразная разновидность энергетизма, которая тормозит развитие науки, препятствует решению назревших задач, извращая истинное содержание понятий массы и энергии.

Эйнштейн первым снабдил новейший энергетизм якобы естественно-научной аргументацией. Если в 1905 г. он просто говорил, что «масса тела есть мера содержания энергии в этом теле» [1], то уже в 1921 г. Эйнштейн пишет, что «тело массы m необходимо рассматривать как сгусток энергии в количестве mc^2» [2]. Наконец, в книге «Эволюция физики», написанной вместе с Инфельдом, Эйнштейн пишет: «Согласно теории относительности нет существенного различия между массой и энергией. Энергия имеет массу, а масса представляет собой энергию» [3].

Известный специалист по теории относительности, автор «новейшей» идеалистической философской системы «селективного субъективизма» Эддингтон, опираясь на эти последние положения Эйнштейна, прямо говорит о тождественности массы и энергии [4]. В своей последней работе, вышедшей в 1949 г. посмертным изданием, Эддингтон, вводя так называемую «естественную систему единиц», пишет: «Беря скорость света c равной единице, мы избавляемся от устарелого и причиняющего беспокойство (troublesome) различия между массой и энергией» [5].

Это различие массы и энергии, выражающих собой существенные физические характеристики материи, весьма беспокоит идеалиста, и Эддингтон пытается избавиться от него жонглированием с размерностями. В результате такие физические величины, как масса, импульс, энергия, получая одну и ту же размерность $\frac{1}{2}$, теряют, по Эддингтону, все свои специфические особенности, превращаясь в чистые абстрактные количества [6]. При этом, вопреки своей собственной логике, согласно которой масса, импульс, энергия — тождественные понятия, отдается предпочтение энергии, которая признана стать самой главной физической величиной. Тем самым энергия, выражающая собой движение, предстает как некая самостоятельная сущность. Движение, таким образом, отрывается от материи и создается

---

[1] Сб. «Принцип относительности». 1935, стр. 178.

[2] A Brief Outline of the Development of the Theory of Relativity. «Nature», 1921, стр. 106.

[3] А. Эйнштейн и Г. Инфельд. Эволюция физики. 1948, стр. 185.

[4] См. Эддингтон. Теория относительности, ОНТИ, 1934, стр. 62.

[5] A. Eddington. Fundamental Theory. 1949, p. 14.

[6] См. там же, стр. 15.

«возможность» устранить это фундаментальное понятие философского материализма.

Отрыв движения от материи, попытка рассматривать движение как некую самостоятельную сущность, независимую от материи, характерны для современного «физического» идеализма вообще. Такие попытки типичны для буржуазных ученых — сторонников идеалистического понимания современных физических теорий. Проявление такого отрыва движения от материи мы находим и в случае исследований движения с большими скоростями, и в теории микропроцессов.

Можно, следовательно, констатировать, что энергетизм принимает новые формы, распространяя сферу своего влияния, и тем самым становится особенно вредным для развития науки. Вот почему важно дать отпор современному энергетизму в его основе, разоблачить извращенное толкование понятия энергии и закона взаимосвязи массы и энергии [1].

Современный «физический» идеализм идет по пути искажения положений, понятий, законов физической науки. Эти искажения физических понятий в духе идеализма и составляют отличительную особенность современного физического идеализма.

Эти искажения подхватывают современные реакционные философы для «оправдания» своих антинаучных идеалистических философских систем, для проповеди религиозного мракобесия. «Энергия, о которой говорят физики,— утверждает, например, американский «персоналист» Э. Брайтмэн,— есть божья воля в действии».

Задача советских ученых, вооруженных знанием самой передовой философии, философии Маркса, Энгельса, Ленина и Сталина, состоит в том, чтобы отсекать все враждебные материализму тенденции буржуазной науки, выяснять подлинное содержание научных понятий, вести свою материалистическую линию в науке и тем самым способствовать торжеству советской идеологии над враждебной буржуазной идеологией.

Всякое некритическое восприятие «обобщений» буржуазных физиков, подобных тем, которые мы находим у Эддингтона, является проявлением низкопоклонства перед буржуазной наукой, является результатом теоретической отсталости и беспомощности в борьбе против идеологической агрессии современного физического идеализма и в значительной мере ослабляют нашу философскую борьбу против реакционных поползно-

---

[1] Критика современного энергетизма дана в статье А. Бислобокова, «Большевик». 1952, № 6, стр. 43.

вений в современной физической науке. К сожалению, в среде наших советских физиков имеют место факты некритического восприятия идеалистических построений буржуазной науки и даже попытки развить и обосновать эти враждебные подлинной науке взгляды. Например, статья Т. П. Кравеца «Эволюция учения об энергии»[1], ставящая своей задачей обосновать и развить новейший энергетизм, не просто обнаруживает заблуждение ее автора, но служит распространению вредных и враждебных влияний современного «физического» идеализма в нашей советской науке.

Ссылаясь на историю физических представлений об энергии, Т. П. Кравец делает попытку показать, что история физики и в особенности данные современной физики дают якобы убедительные основания для того, чтобы объявить энергию субстанцией мира.

Т. П. Кравец в своем анализе закона взаимосвязи массы и энергии не пошел по пути раскрытия его истинного смысла. Вместо этого он воспринял ту словесную оболочку, в которую облекают это важнейшее достижение современной науки буржуазные физики. Более того, он идет значительно дальше и говорит уже о том, что современная физика установила якобы «закон эквивалентности между энергией и веществом», и не замечает при этом противоречий с содержанием данных науки. Известно, что никто никогда до Т. П. Кравеца не говорил о законе «эквивалентности между энергией и веществом», известен лишь закон взаимосвязи между массой и энергией. Буржуазные физики, говоря о так называемом законе «эквивалентности массы и энергии», делают отсюда выводы о том, что масса и даже вещество или материя превращаются в энергию. Т. П. Кравец, как видим, пошел дальше: он самой физике приписал установление «точного закона» эквивалентности между энергией и веществом.

Что касается так называемой «инертности энергии», то это весьма распространенное выражение неверно и оно опять-таки является результатом некритического восприятия формулировки «эквивалентность массы и энергии».

В действительности закон взаимосвязи массы и энергии означает, что любое материальное образование, будь то элементарные частицы или поля в широком смысле слова, обладают как массой, так и энергией. Обе эти существенные физические характеристики материи тесно связаны друг с другом известным соотношением, позволяющим устанавливать количественную

[1] «Успехи физ. наук», 1948, т. XXXVI, вып. 3, стр. 338.

связь между ними. В данном случае мы имеем дело не с инертностью энергии, а с инертностью того или иного материального объекта.

Т. П. Кравец, вместо того чтобы анализировать подлинный смысл новейших открытий в области учения об энергии, делает такие выводы, такие формулировки, которые поистине «являются источником новых идеалистических попыток мыслить движение без материи» (В. И. Ленин). И если сам Т. П. Кравец не делает «попыток мыслить движение без материи», то нет никакого сомнения в том, что его заключение о субстанциальности энергии дает основание для подобных выводов. Тем самым статья Т. П. Кравеца «Эволюция учения об энергии», несомненно, ослабляет борьбу советских ученых за передовую материалистическую физику.

К сожалению, Т. П. Кравец не одинок в своих энергетических построениях. Он отличается от других только тем, что пошел значительно дальше всех в энергетических «вывода́х из современной физики. Некоторые советские физики до самого последнего времени неправильно толкуют закон взаимосвязи между массой и энергией. Они утверждают, что этот закон означает, что масса и даже вещество, или материя, могут превращаться в энергию. И при этом в законе взаимосвязи массы и энергии очень часто усматривают тождественность, слияние двух основных законов физики — закона сохранения и превращения энергии и закона сохранения массы — в один закон сохранения энергии.

Подобные высказывания мы находим у академика А. Ф. Иоффе, членов-корреспондентов А. Ф. Капустинского и С. З. Рогинского, проф. Э. В. Шпольского и др.

Нет никакого сомнения в том, что искаженное толкование понятий массы и энергии и закона их взаимосвязи, идущее по линии идеалистической интерпретации достижений науки, толкование, которое можно встретить, к сожалению, и в нашей советской литературе, является прямым следствием влияния буржуазных физиков. Искаженное толкование понятий массы и энергии отражается и на развитии самой физической теории, приводя науку в тупик неразрешимых противоречий. Анализ понятий массы и энергии и закона их взаимосвязи, освобождение этих понятий от идеалистических искажений диктуются настоятельными потребностями самой физики, содержание которой требует для своего развития единственно верного метода, единственно верной философии естествознания — диалектического материализма. Несомненно, что диалектико-материалистический анализ понятий массы и энергии и закона их

взаимосвязи будет осуществлен нашими советскими физиками и тем самым будут преодолены все трудности, связанные с этими понятиями. Несомненно также, что только глубокое овладение единственно научным методом, единственно верной философией Маркса, Энгельса, Ленина и Сталина поможет нашим советским ученым отсечь все реакционные построения, дав сильнейшее оружие в борьбе за передовую советскую физику, свободную от разного рода идеалистических искажений.

Б. М. КЕДРОВ

О КЛАССИФИКАЦИИ «ЭЛЕМЕНТАРНЫХ» ЧАСТИЦ ПО МАССЕ

(Постановка вопроса в связи с периодической системой элементов Д. И. Менделеева)[1]

«ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ» ЧАСТИЦЫ И ИХ СВОЙСТВА

В настоящее время считается установленным существование семи видов «элементарных» частиц. Перечислим их в порядке времени открытия: *электроны* e^-, *фотоны* γ, *протоны* p, *нейтроны* n^0, *позитроны* e^+, *мезотроны*, или *мезоны*, отрицательные μ^- и положительные μ^+. Кроме того, предполагается существование еще трех гипотетических частиц: *нейтрино* ν, нейтральных мезонов, или *нейтретто* μ^0, и гравитонов g.

В истории изучения «элементарных» частиц можно выделить два основных периода. В течение первого, начального, периода (1897—1931) были открыты первые три частицы: электрон (1897), фотон (1900—1905) и протон (1911—1919), а также выдвинута гипотеза нейтрино (1931). Вместе с тем были открыты важнейшие свойства отдельных частиц: наличие или отсутствие у них, во-первых, электрического заряда Z того или иного знака и, во-вторых, так называемой «массы покоя», которая в дальнейшем для краткости именуется массой M. Позднее было открыто наличие у них спина S (1926) и подчинение их в случае фотонов статистике Бозе-Эйнштейна (1924), а в случае электронов и протонов — статистике Ферми-Дирака (1926). Существенным для первоначальных взглядов на «элементарные» частицы было признание полной самостоятельности каждого вида вновь открытых частиц, обособленности частиц одного вида от другого. Поэтому вновь открытые частицы рассматривались в этот период как не связанные между собой, не зависимые друг от друга, как «последние». неизменные части-

[1] В основу статьи лег доклад, прочитанный автором на заседании группы физики Института философии АН СССР в мае 1946 г.

цы материи. Против подобных односторонних метафизических взглядов со всей резкостью выступил В. И. Ленин (1908): «Электрон так же *неисчерпаем*, как и атом, природа бесконечна...»[1]. Позднее (1914—1915) В. И. Ленин, анализируя соотношение между атомами и электронами, вновь подчеркивал «бесконечность материи вглубь...»[2].

В течение второго периода (1932—1950) были открыты новые «элементарные» частицы — нейтрон (1932), позитрон (1932) и мезоны (1937).

Главным же было открытие *взаимного превращения* частиц, их перехода друг в друга, их *неисчерпаемости*, предсказанной В. И. Лениным. К числу этих открытий относятся: во-первых, открытие так называемой «аннигиляции» пары (электрон-позитрон), точнее, их превращения в фотоны (1933); такое превращение наблюдалось И. и Ф. Жолио-Кюри также при искусственной β^+-радиоактивности (1934); во-вторых, открытие «рождения» пар из фотонов в поле ядра; в-третьих, открытие радиоактивного распада мезонов и нейтрона. Эти открытия способствовали выяснению внутренней связи и переходов между «элементарными» частицами, а тем самым позволяли подойти к вопросу об их естественной классификации. Так как при этом обнаружилась особая роль массы в характеристике «элементарных» частиц, то открылась возможность разработки классификации этих частиц по массам. Вместе с тем из протонно-нейтронной модели ядра, выдвинутой Д. Д. Иваненко и другими советскими физиками (1932), вытекало важное положение, что нейтрон и протон представляют собою различные видоизменения или состояния одной и той же основной частицы («нуклеона»), которая способна переходить из одного качественного состояния в другое.

Открытия современного естествознания нашли свое глубочайшее философское обобщение в положениях, высказанных в труде И. В. Сталина «О диалектическом и историческом материализме» (1938); в этом классическом труде марксизма-ленинизма природа рассматривается «как связное, единое целое, где предметы, явления органически связаны друг с другом, зависят друг от друга и обусловливают друг друга», причем явления природы рассматриваются «не только с точки зрения их взаимной связи и обусловленности, но и с точки зрения их движения, их изменения, их развития, с точки зрения их возникновения и отмирания»[3].

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 249.
[2] В. И. Ленин. Философские тетради, 1947, стр. 86.
[3] И. Сталин. Вопросы ленинизма. Изд. 11, стр. 536, 537.

Для старой атомистики был характерен взгляд, что химическое превращение вещества есть чисто внешнее соединение атомов, которые сами остаются при этом неизменными. Столь же внешним разъединением неизменных атомов старая атомистика объясняла разложение вещества. Это был механистический взгляд на развитие как на простой количественный рост или уменьшение частиц вещества без качественного превращения одной формы материи в другую. Характеризуя такой односторонний взгляд на химические процессы, В. И. Ленин отмечал: «У естествоиспытателей узко понятие превращения и нет понимания диалектики» [1].

Противоположный взгляд на превращение вещества возник еще в древнегреческой философии.

Характеризуя этот взгляд, В. И. Ленин писал: «...Превращение одни понимают в смысле наличности мелких качественно-определенных частиц и роста (respective уменьшения) [соединения и разъединения] их. Другое понимание (Гераклит) — превращение *одного* в *другое*» [2].

Отсюда берут начало и проходят затем через всю историю философии, физики и химии две прямо противоположные трактовки сущности превращений вещества.

Современная же физика, заимствуя от прежней атомистики идею дискретности вещества и света, развивает представление о взаимном превращении «элементарных» частиц, их превращении *одной в другую* и рождении их заново, например, при радиоактивном разложении вещества.

Такие представления об «элементарных» частицах характерны для современной атомистики, которая своим содержанием подтверждает диалектический материализм.

В течение второго периода изучения «элементарных» частиц были раскрыты их общие особенности, или признаки, позволившие установить самое понятие «элементарной» частицы в его современном значении. Таких общих признаков «элементарных» частиц было установлено по меньшей мере два.

Первым общим признаком служит их *физическая элементарность*. Первоначально предполагалось, что одни из «элементарных» частиц имеют составной характер и образованы из других, подобно тому, как молекулы состоят из атомов. Так, например, в гипотезе Резерфорда (1920) имелась в виду тесная комбинация протона и электрона, обладающая свойствами будущего нейтрона. Выдвигались также гипотезы о сущест-

---

[1] В. И. Ленин. Философские тетради, 1947, стр. 247.
[2] Там же, стр. 251.

вовании субэлектронов, гипотеза нейтринного строения света, гипотеза строения мезона из нейтрино и электрона (соответственно—позитрона), строения нейтрона из протона и мезона. Однако все эти и подобные им гипотезы неизменно оказывались несостоятельными. Поэтому «элементарность» частиц принимается ныне в том смысле, что ни одна из «элементарных» частиц не является составной, как бы сложна ни была ее природа. Поэтому к «элементарным» частицам применима только первая половина старого определения химических элементов, согласно которому под элементами понимаются такие вещества, которые не составлены друг из друга и не состоят из других более простых веществ[1].

Другой общей особенностью «элементарных» частиц служит их взаимная *физическая превращаемость*, их способность переходить друг в друга, понимаемая не как отделение индивидуализированных частиц, предсуществовавших в готовом виде внутри сложной частицы, и не как соединение частиц с сохранением их индивидуального существования в сложной частице, но как их полное слияние, т. е. уничтожение их как таковых, или рождение из них новых частиц, короче говоря, — как их качественное превращение.

В этом отношении к «элементарным» частицам совершенно неприменима вторая половина старого определения химических элементов, согласно которому под элементами понимаются такие вещества, которые не способны ни к разложению, ни к превращению: они не *разлагаются*, они друг в друга не *переходят*.

На данном этапе развития физики под «элементарными» частицами понимаются такие *физические частицы, которые не состоят из других, более простых частиц, но способны превращаться друг в друга*.

Встает вопрос: каковы более частные, *физические свойства «элементарных» частиц*? Такими их свойствами являются прежде всего уже упомянутые выше: *масса покоя* M, единицей которой может служить масса покоя электрона $9{,}106 \cdot 10^{-28}$ г; момент вращения, или *спин* S, единицей которого служит $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1{,}0420 \cdot 10^{-27}$ эрг/сек; *электрический заряд* Z, единицей которого служит заряд электрона, равный $4{,}802 \cdot 10^{-10}$ эл.-ст. единицы. Далее, к числу свойств «элементарных» частиц относится специфический ядерный, или нуклеонный заряд G, магнитный момент m, выражаемый в единицах боровского магнетона, *время жизни* t и др. Особо важное значение имеет

---

[1] См. R. Boyle, The Sceptical Chemist. 1661, p. 350.

форма движения, или кинематика, частицы, характеризуемая определенным типом квантово-механического уравнения движения — спинорный тип уравнения σ и неспинорный тип уравнения (не-σ), чему соответствует подчинение частиц определенному типу квантовой *статистики* — Бозе-Эйнштейна (Б) или Ферми-Дирака (Ф).

ПЕРВЫЕ ПОПЫТКИ КЛАССИФИКАЦИИ «ЭЛЕМЕНТАРНЫХ» ЧАСТИЦ

Несмотря на то, что данные, касающиеся «элементарных» частиц, накоплены уже в достаточно большом объеме и назрела задача их рациональной систематизации, вопрос о единой классификации «элементарных» частиц еще далеко не решен.

Даже в монографиях, специально посвященных частицам в современной физике, этот вопрос полностью обходится иностранными учеными[1].

Классификация «элементарных» частиц неразрывно связана с идеей развития вещества и его «элементарных» форм, ибо распределение частиц в их системе должно отразить процесс их усложнения, т. е. процесс их развития, идущий от простого к сложному, от низшего к высшему. Общим руководящим указанием при постановке и решении задач такого рода служит указание И. В. Сталина, что «процесс развития следует понимать... как движение поступательное, как движение по восходящей линии, как переход от старого качественного состояния к новому качественному состоянию, как развитие от простого к сложному, от низшего к высшему»[2]. Именно это положение диалектического материализма указывает путь к выяснению той последовательности, в какой все материальные объекты, в том числе и «элементарные» частицы, возникают один из другого в ходе развития природы. Классификация же этих объектов, следовательно и «элементарных» частиц, должна лишь отразить естественный ход их усложнения и развития.

Первую попытку свести в одну таблицу все известные в то время «элементарные» частицы на основе анализа их свойств сделал Д. Д. Иваненко в 1938 г. в связи с открытием мезона, названного вначале тяжелым электроном[3]. Однако первая таблица «элементарных» частиц, предложенная тогда Д. Д. Ива-

---

[1] См., напр., Д. Д. Странатан. «Частицы» в современной физике. М.—Л., 1949.

[2] И. Сталин. Вопросы ленинизма. Изд. 11, стр. 537.

[3] Д. Д. Иваненко. Тяжелый электрон. «Успехи физ. наук», 1938, т. XX, вып. 2, стр. 278.

ненко, носила еще чисто эмпирический характер; в ее основу не было положено какого-либо общего принципа, а потому особого теоретического интереса она не представляла. В докладе «Элементарные частицы», прочитанном в Институте философии АН СССР (май 1946 г.) Д. Д. Иваненко уточнил свою прежнюю таблицу; он включил в нее частицы, открытые после 1938 г., а также и гипотетический гравитон, расположив их в более строгой последовательности по группам.

Таблица Д. Д. Иваненко 1946 г. имела следующий вид табл. 1):

Таблица 1

Таблица «элементарных» частиц по группам (1946 г.)

Группы частиц	Частицы	Основные свойства					Производные свойства		
		Спин, S	электрич. заряд Z	собственная масса, M	нуклеонный заряд, G	уравнения движения	статистика	магнитный момент, m	время жизни
а) Легкие	e^-	$^1/_2$	—1	1	0,0001	Дирака	Ф	1	∞
	e^+	$^1/_2$	+1	1	0,0001	»	Ф	1	∞
	ν	$^1/_2$	0	ок. 0,2*	0,0001	»	Ф	1	∞
б) Средние, или мезоны	μ^-	0 или 1?	—1	200; >200	0	Прока?	Б?	?	$2\cdot10^{-6}$ сек.
	μ^+	1? 0?	+1	200; >200	0	»	Б?	?	$2\cdot10^{-6}$ сек.
	μ^0	1? 0?	0	20?	0	»	Б?	?	?
в) Тяжелые, или нуклеоны	p	$^1/_2$	+1	1836,5	1	Дирака	Ф	+2,8	
	n^0	$^1/_2$	0	1839	1	»	Ф	—1,98	ок. 3 час.**
г) Частицы с $M=0$, или «поля» в узком смысле слова	γ	1	0	0	0	Максвелла	Б	0	—
	g	2	0	0	0	Эйнштейна	Б	0	—

* Согласно некоторым данным, масса покоя нейтрино лежит в интервале между 0 и 0,15 (см. В. С. Джелепов и Н. И. Антоньева. О массе нейтрино. «Вестн. Ленингр. ун-та», 1946, № 1, стр. 53—54).

** По более поздним данным, время жизни нейтрона равно около получаса (см. «О радиоактивном распаде нейтрона», «Природа», 1949, № 5, стр. 37—38).

Здесь в основном группировка частиц произведена по принципу значения их массы, причем частицы располагаются в таком порядке: легкие, средние, тяжелые и частицы с $M = 0$; в общем, за исключением последней группы, здесь соблюдена определенная *последовательность* возрастания массы (переход от более легких частиц к более тяжелым). Однако первоначально этот принцип не был выдержан автором строго и не был принят в явной форме за основу классификации «элементарных» частиц; при перечислении свойств частиц масса M была поставлена на третье место, после спина S и заряда Z (подробнее об этом см. ниже).

Обе таблицы Д. Д. Иваненко, первая (1938) и вторая (1946), имеют, на наш взгляд, тот недостаток, что не позволяют выразить достаточно ясно генетические связи между частицами, их взаимопревращаемость и переходы друг в друга. Отражению этих связей была посвящена другая попытка классификации частиц.

Весной 1941 г. автор этих строк сделал попытку классифицировать «элементарные» частицы с точки зрения их взаимных превращений. Статья автора в связи с началом войны осталась неопубликованной. В 1943 г. основная часть составленной автором таблицы, под названием «Схема эволюции частиц», была опубликована (с соответствующей ссылкой) в чужой работе. Однако при этом не только не была приведена аргументация автора, но самая таблица была обеднена, в частности из нее была выпущена главная мысль, что усложнение частиц происходит в соответствии с возрастанием их массы.

В 1946 г. эта таблица была напечатана в полном виде[1]. Ниже она воспроизводится в несколько измененном виде, причем только в той ее части, которая относится к «элементарным» частицам (табл. 2).

Здесь дополнительно надо указать на то, что нейтральный мезон μ^0, или гипотетическое нейтретто, предположительно распадается на фотоны. Пунктирными линиями здесь изображены предполагаемые превращения частиц, сплошными — превращения частиц, установленные экспериментально.

В качестве исходного, простейшего превращения частиц мы принимаем «рождение пары», происходящее в поле ядра

$$\gamma \rightarrow e^- + e^+.$$

Масса покоя M в результате этого превращения возрастает от 0 до 1 для каждой вновь образовавшейся частицы, т. е. у

[1] Б. М. Кедров. О количественных и качественных изменениях в природе. 1946, стр. 201.

электрических частиц появляется свойство массы покоя, которого не было у фотонов. Соответственно этому можно считать этот процесс переходом от более простого вида материи γ к более сложному ее виду e^-, e^+. Этому соответствует общее усложнение частиц в смысле появления у них других свойств и качественных определений, которые отсутствовали у фотонов: заряда Z, нуклеонного заряда G, магнитного момента m. Вместе с тем изменяется и кинематика частиц, т. е. форма их движения.

Таблица 2

Схема эволюции «элементарных» частиц (1941 г.)

	Легкие частицы		Полутяжелые	Тяжелые
M / Z		ок.0 <0,15 ; 1	20?; 200	1836,5 ; 1839
-1		e^-	μ^-	
0	γ	ν	μ^0?	n^0
+1		e^+	μ^+	p

В целом «рождение пары» можно рассматривать как процесс, идущий по восходящей линии развития — от низшего к высшему, от простого к сложному. Тогда обратный процесс («аннигиляция пары» e^- и e^+, точнее сказать, превращение электрических частиц в фотоны, т. е. превращение вещества в свет) надо рассматривать как переход от более сложного к более простому, т. е. как распад, как развитие, идущее по нисходящей линии.

Следующая ступень эволюции «элементарных» частиц предполагает дальнейшее увеличение массы за счет включения в процесс превращения новой (гипотетической) частицы нейтрино. Сейчас известен лишь обратный процесс — распад мезонов на легкую частицу, электрон или позитрон, и, повидимому, на нейтрино, т. е. известен лишь процесс, идущий по

нисходящей линии развития (подобно тому, как первоначально среди ядерных превращений были известны только процессы радиоактивного распада). Полагая, что спин мезона целочисленен, можно допустить, что распад мезона протекает следующим образом:

$$\mu^{\pm} \rightarrow e^{\pm} + \nu.$$

Такой распад с образованием нечетного числа частиц нейтрино возможно происходит у так называемых π-мезонов.

Так как мезоны изучены пока слабо, то установить в точности условия их возникновения из более простых частиц и даже многие их свойства пока еще не удается. Твердо установлено лишь то, что возрастание массы приводит к усложнению частиц в том смысле, что мезоны обнаруживают новую способность, а именно способность к радиоактивному распаду, которая отсутствует на низших ступенях эволюции «элементарных» частиц, т. е. у легких частиц и частиц, не имеющих массы покоя. Распад нейтрального мезона (нейтретто) в случае тех же π-мезонов происходит так:

$$\mu^{0} \rightarrow 2\gamma.$$

Здесь, как и в случае обычного превращения в фотоны пары, более сложная частица μ^0 превращается в более простые γ, и, следовательно, развитие идет по нисходящей линии.

Наконец, с дальнейшим увеличением массы до $M = 1836{,}5$ и $M = 1839$ наблюдается превращение тяжелых частиц, в котором, повидимому, участвуют мезоны; таким превращением может служить радиоактивный распад нейтрона $n \rightarrow p + e^{-} + \nu$. Этот процесс можно представить по стадиям: $n^0 \rightarrow p + \mu^{-}$, с последующим распадом мезона: $\mu^{-} \rightarrow e^{-} + \nu$. Однако возможно, что распад нейтрона идет сразу на p, e^{-}, ν без промежуточного образования мезона.

Можно предположить, что при определенных условиях возможно также обратное превращение протона в нейтрон с выделением позитрона и нейтрино или с поглощением электрона и последующим выделением нейтрино, как в случае K-захвата.

В 1945 году у автора этой статьи, под влиянием многолетней работы над менделеевским научным наследством, возникла мысль о приложении идей Д. И. Менделеева, касающихся периодического закона, к классификации «элементарных» частиц. Дальнейшее изложение посвящено развитию и обоснованию этой мысли, как это было сделано в докладе автора (май 1946 г.).

ВОЗМОЖНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ «ЭЛЕМЕНТАРНЫХ» ЧАСТИЦ И ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МЕНДЕЛЕЕВА

В статье «Попытка химического понимания мирового эфира» (1902) Д. И. Менделеев писал: «Никогда мне в голову не приходило, что именно водородом должен начинаться ряд элементов...»[1]. Далее Д. И. Менделеев выдвинул гипотезу о существовании новых химических элементов нулевой группы, которые он обозначал символами *x* и *y*; ныне некоторые авторы склонны считать, что этими гипотетическими элементами являются «элементарные» частицы — фотоны (или электроны) и нейтроны.

Иногда в качестве элемента с порядковым номером 0 в систему Д. И. Менделеева включается нейтрон [2], а иногда нейтрон вместе с электроном[3].

Но все подобные включения «элементарных» частиц в менделеевскую систему химических элементов представляются нам ошибочными, ибо в качественном отношении «элементарные» частицы, будучи более простыми физическими образованиями, существенно отличаются от химических элементов; поэтому они не могут быть механически включены в систему Менделеева на равных началах с обычными химическими элементами (атомами), а должны образовать собою в будущем особую систему. Их свойства не могут быть выведены путем простой экстраполяции из менделеевской периодической системы элементов, ибо они подчиняются качественно иным закономерностям.

Но между будущей системой «элементарных» частиц и периодической системой Менделеева не может быть и резкого разрыва. Подобно тому как в процессе усложнения «элементарных» частиц происходит переход от них к более сложным частицам — ядрам, а затем атомам, т. е. к химическим элементам, так должен происходить переход от одного типа закономерности, которой подчиняются «элементарные» частицы, к другому типу закономерности более высокого порядка, которой подчиняются ядра и атомы. Соответственно этому должен существовать переход

---

[1] Д. И. Менделеев. Избр. соч., т. II, 1934, стр. 475.

[2] См. «Periodic chart of the atoms», составленную Henry D. Hubbard, 1947.

[3] См. Е. И. Ахумов. О нулевом периоде периодической системы элементов. «Журн. общей химии», 1946, т. XVI, стр. 951—963; его же. О периодической системе химических элементов. «Журн. общей химии», 1947, т. XVII, стр. 1241—1246.

от одной системы более простых («элементарных») частиц к другой системе более сложных частиц (ядер и атомов)[1].

На границе обеих систем, повидимому, стоят тяжелые «элементарные» частицы, в частности нейтрон, как наиболее тяжелая из ныне известных «элементарных» частиц.

Нейтрон способен породить все необходимые структурные частицы, из которых строится атом простейшего химического элемента — водорода, стоящего в периодической системе Менделеева на первом месте. При дальнейшем взаимодействии нейтронов с возникающими из них протонами могут образоваться ядра всех более сложных химических элементов. Тем самым нейтрон занимает естественное место, замыкающее ряд «элементарных» частиц: нейтрон оказывается частицей, последней в ряду усложнения «элементарных» частиц, и в то же время частицей, в которой заложена возможность образования всего последующего ряда качественно более сложных частиц, обладающих неэлементарным в физическом смысле характером (ядер, а затем атомов). То же в известном отношении можно сказать и о протоне.

Таким образом, соотношение между естественным рядом «элементарных» частиц и менделеевской периодической системой химических элементов отражает собою отношение между двумя ступенями в развитии материи: низшей и высшей. При этом очевидно, что высшие, более сложные формы материи, возникшие из низших, более простых ее форм, должны относиться к этим низшим, как развитое тело относится к своей элементарной «клеточке». В «клеточке» заложены в неразвитой, нераскрытой форме все противоречия (соответственно — зародыши всех противоречий) развитого тела. Дальнейший процесс развития, берущий начало от этой «клеточки», означает обнаружение заложенных в ней противоречий — их рост и их движение[2]. Такой именно «клеточкой» для химических элементов может служить нейтрон, ибо в нем заложена возможность воспроизвести все необходимые структурные частицы, взаимодействие которых приводит к образованию любых ядер, а затем и химических атомов. Но если в нейтроне действительно заключена способность воспроизводить более сложные формы материи, то понять эту способность нейтрона, а значит и его свойства, можно лишь исходя из анализа возникающих из него более сложных

---

[1] В связи с этим особый интерес представляет идея позитрония (соединения электрона с позитроном) в сложную неустойчивую систему (см статьи Д. Д. Иваненко, «Успехи физ. наук», 1947, т. XXXII, вып. 2 и 3, и «Успехи химии», 1948, вып. 5).

[2] См. В. И. Ленин. Философские тетради. 1947, стр. 328—329.

форм. Это означает, что ключом к истинному познанию нейтрона и всего ряда «элементарных» частиц служат высшие, более сложные дискретные виды материи (ядра, атомы). «Анатомия человека — ключ к анатомии обезьяны,—говорил Маркс.— Наоборот, намеки на высшее у низших видов животных могут быть поняты только в том случае, если это высшее уже известно»[1].

Исходя из этих общих соображений, мы сформулируем нашу мысль в виде следующей гипотезы: ключ к построению будущей классификации «элементарных» частиц может и должна дать система более сложных и высших дискретных форм развития материи — ядер и атомов, каковую представляет периодическая система элементов Менделеева.

На чем основывается классификация химических элементов, данная Менделеевым?

Д. И. Менделеев открыл и разработал периодический закон, опираясь на два основных свойства элементов: атомный вес и максимальную валентность элемента по кислороду; первый служил Менделееву в качестве аргумента, вторая — в качестве функции в алгебраическом выражении периодического закона[2]. Впоследствии (1913) оказалось, что аргументом следует считать не атомный вес, а заряд ядра Z, который играет роль определяющего признака химического элемента (вида атомов). Однако это открытие не свело на-нет роль массы атомов, ибо классификация ядер изотопов, т. е. разновидностей элементов, требует учета не только заряда, но и массы атомов. Форма функциональной зависимости свойств элементов от атомного веса (точнее — от заряда Z) имеет следующие особенности: во-первых, аргумент (значение массы или заряда) возрастает *монотонно* и вызывает, по мере своего увеличения, качественные изменения атомов (переход к новому изотопу или новому элементу); во-вторых, функция (значение валентности) изменяется *периодически* с увеличением аргумента Z: сначала она растет от 0 до 7 (или до 8), затем внезапно падает до 0 (или до 1 в середине длинных периодов), после чего вновь начинает возрастать.

После установления принципа Паули (1926) в теорию химической связи вошло новое понятие спина. Знак спина валентного электрона определяет способность электронов к «спариванию» и заполнению свободных «мест» в электронных слоях.

Встает вопрос: как изменяется характер «элементарных» частиц с увеличением их массы покоя?

[1] К. Маркс. К критике политической экономии. 1949, стр. 219.
[2] См. Д. И. Менделеев. Основы химии. Изд. 13-ое, 1947, т. II, стр. 81.

В самом деле, если основная мысль Менделеева о расположении элементов в ряд по возрастанию их массы действительно применима к классификации «элементарных» частиц, то прежде всего это должно обнаружиться в изменении и усложнении качественной природы частиц по мере увеличения их массы покоя. Об этом говорила уже самая разбивка «элементарных» частиц на группы легких, средних и тяжелых частиц соответственно величине их массы. Само название «мезон» возникло из их срединного положения (по значению их массы покоя) между легкими и тяжелыми частицами. Качественное же различие между указанными группами «элементарных» частиц, например между фотоном, электроном, мезоном и протоном, вполне очевидно и проявляется в различии их конкретных физических свойств.

У частиц, не имеющих массы покоя ($M = 0$), отсутствуют электрический и нуклеонный заряды, магнитный момент. При переходе к легким частицам с массой $M = 1$ эти свойства возникают.

Далее, при переходе к средним частицам с массой M порядка 200 возникают новые свойства в форме способности мезонов к радиоактивному распаду, в результате которого образуются легкие частицы. Наконец, у тяжелых частиц с массой M ок. 1840 эта способность достигает более полного развития, наряду с появлением нуклеонного заряда в его развитом виде. Таким образом, мы приходим к выводу, что увеличению массы покоя частиц соответствует их качественное усложнение.

Такой вывод подтверждается и тем, что, согласно известному соотношению между массой и энергией, с увеличением массы покоя растет и общий запас внутренней энергии частицы; следовательно, растет возможность различных изменений и превращений частиц, в чем как раз и выражается большая сложность более тяжелых частиц по сравнению с более легкими.

Помимо этого, изменение массы «элементарных» частиц оказывает существенное влияние на их природу и на их квантово-механическое состояние. С. А. Щукарев (1934) обратил внимание на то, что во все фундаментальные уравнения квантовой механики входит значение массы M, от величины которой существенно зависит самое распространение квантово-механических законов на изучаемые объекты[1].

Основное уравнение де-Бройля (1924) имеет вид: $\lambda = \frac{h}{Mv}$,

[1] См. С. А. Щукарев. О значении атомного веса для характеристики химических элементов. «Труды юбилейного Менделеевского съезда», т. II, 1937, стр. 355—362.

где λ — длина волны. С увеличением массы M при данной скорости частицы v волновые свойства частицы ослабевают и в конце концов практически исчезают вовсе. Соответственно этому совершается переход из области волновой механики микрочастиц в область обычной механики макротел.

Точно так же обстоит дело с соотношением неточностей (1927), которое можно записать так:

$$\Delta q \cdot \Delta v \geqslant \frac{\hbar}{M}.$$

С увеличением массы M произведение неточностей, имеющих место при одновременном измерении координаты q и скорости v частиц, становится все меньше и в конце концов практически сходит на-нет, так что мы вновь наблюдаем, как, соответственно возрастанию M, совершается переход из области явлений микромира в область явлений макромира.

Значение массы M входит также в основное волновое уравнение Шредингера (1926), причем увеличение M приводит здесь к тем же последствиям, что и в предыдущих случаях.

Таким образом, постепенное увеличение массы частиц представляет собою такого рода количественное изменение, которое влечет за собой качественные изменения в природе и состоянии «элементарных» частиц не только в смысле перехода от одной их группы к другой, но и в смысле исчезновения в конечном счете их квантово-механического характера.

Рассмотрим теперь, какие выводы, вытекающие из системы Д. И. Менделеева, могли бы иметь значение для возможной системы «элементарных» частиц.

Если после сказанного выше мы захотели бы определить, на основе каких фундаментальных свойств можно было бы классифицировать «элементарные» частицы, пользуясь периодической системой Менделеева в качестве «ключа», то мы могли бы назвать массу покоя частиц и их спин; массу M можно было бы принять за аргумент, спин S за ее функцию: $S = \varphi(M)$.

Можно было бы также предположить, что зависимость между S и M будет носить характер периодической зависимости. В таком случае возникает вопрос о длине периодов; следует отметить, что длина периодов в системе Менделеева увеличивается (по мере усложнения атомов) от двух элементов в первом периоде до 32 в последнем полном периоде. Предельно коротким из всех возможных периодов является, очевидно, двучленный период, которым начинается система Менделеева (H — He). Поэтому, переходя к еще более простым объектам, чем атом, можно предположить, что число членов в периодах не должно

быть больше двух, т. е. не должно превышать первого (простейшего) периода в системе Менделеева. Эта мысль находит косвенное подтверждение в том, что существует особого рода периодичность в свойствах ядер (в их устойчивости), которая носит также двучленный характер: при переходе от нечетных элементов к четным растет устойчивость ядер, выражаемая их большей распространенностью, величиной кларка или большей продолжительностью жизни. При переходе от четных элементов к нечетным величина кларка в среднем падает в 5—10 раз, как показал А. Е. Ферсман[1]. Таким образом, при переходе от атомов к их ядрам мы обнаруживаем, что периодичность в системе Менделеева принимает двучленный характер: она выражается сменой четных и нечетных чисел в общем ряду химических элементов.

Система Менделеева отразила собою не только соотношения и связи между элементами, но и их реальные взаимные переходы. Она отразила развитие и усложнение элементов (если двигаться в сторону нарастания заряда ядра и массы атомов) и их распад, т. е. развитие по нисходящей линии (если двигаться в сторону уменьшения Z и массы). Этот факт был обнаружен благодаря открытию закона сдвига (1913). Таким образом, значение периодической системы Менделеева заключалось не только в том, что в ней отражались структурные связи атомов (раскрытые благодаря теории строения атома), но и генетические связи элементов. Такое же значение должна, очевидно, иметь и ожидаемая система «элементарных» частиц. Только в том случае, если она выразит генетические связи и переходы частиц, она сможет оказаться их естественной системой.

МАССА «ЭЛЕМЕНТАРНЫХ» ЧАСТИЦ КАК ОСНОВА ИХ ВОЗМОЖНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ

Анализируя характер всех свойств «элементарных» частиц, мы приходим к выводу, что единственным свойством, которое можно принять за аргумент, является действительно масса покоя M. Она нарастает более или менее постепенно от $M=0$ (γ) к величине $M<0{,}15$ (ν?) и далее к $M=1$ (e^+), затем следует ряд различных масс мезонов, переходных от $M<200$ к $M=200$ и к $M>200$ (μ^+). Наконец, идут массы тяжелых частиц: $M=1836{,}5$ (p) и $M=1839$ (n^0), которыми завершается ряд «элементарных» частиц; вместе с тем с этих именно значений M (у H) начинается новый ряд частиц (ядер и атомов). Особенно важно то, что нарастание массы идет параллельно усложнению

[1] А. Е. Ферсман. Геохимия, т. I, 1933, стр. 308.

частиц и раскрытию у них новых сторон и свойств, что отмечалось выше.

Ни одно другое свойство «элементарных» частиц не дает такого разнообразного спектра значений, как свойство массы покоя M. В самом деле, S у «элементарных» частиц имеет весьма ограниченное число значений: 0, $^1/_2$, 1, 2; Z— только три значения: 0, +1 и —1; G — два значения и т. д. Но главное состоит даже не в том, что ограничено число различных значений этих свойств, а в том, что их количественное нарастание не является однозначным показателем усложнения частиц. Например, электрон имеет тот же спин, что и несомненно более сложный нейтрон, который способен породить из себя p, e^- и ν; у более простого гипотетического гравитона спин равен 2, т. е. больше, чем у остальных более сложных частиц. Далее, позитрон имеет тот же заряд Z, что и несомненно более сложные протон и мезон, способный распадаться на e^+ и, вероятно, ν; у μ^0 заряд Z равен 0, хотя μ^0 нужно считать сложнее, чем те фотоны, на которые он, по предположению, может распадаться, но проще, чем нейтрон. Наконец, G равен 0 и у фотонов и у мезонов, несмотря на то, что, несомненно, первые значительно проще вторых; вместе с тем G имеет некоторое конечное значение у e^- и e^+, хотя они, несомненно, проще, чем соответствующие мезоны.

Поэтому можно полагать, что в будущем, при построении естественной системы «элементарных» частиц, за аргумент нельзя будет выбрать ни одно из только что перечисленных свойств; в таком случае остается выбрать только массу частиц M.

Таким образом, мы можем рассматривать массу M как наиболее общее и фундаментальное свойство «элементарных» частиц и вместе с тем как аргумент, постепенно и монотонно нарастающий.

Располагая «элементарные» частицы в порядке возрастания их массы (следовательно, их внутренней энергии), мы приходим к следующему ряду, который выражает собой последовательные переходы от более простых частиц к более сложным (в скобках указаны значения M):

$$g?,\ \gamma(0);\ \nu?\ (\text{ок. } 0;\ <0{,}15);\ e^-,\ e^+(1);$$
$$\mu^0?\ (20?);\ \mu^-,\ \mu^+(<200;\ 200;\ >200);$$
$$p\,(1836{,}5);\ n^\circ(1839).$$

В этот ряд включен, по предложению Д. Д. Иваненко, и гипотетический гравитон в качестве начального члена.

Необходимо теперь выяснить, как выразится зависимость других свойств частиц от массы M, если последние выбрать за аргумент.

Следуя сказанному выше, рассмотрим прежде всего зависимость значения спина частиц от M. Отметим, что существенную роль в характеристике частицы играет не общая величина спина, а то обстоятельство, является ли спин целочисленным или полуцелым. В первом случае (при $S = 0, 1, 2$ и т. д.) состояние частиц подчиняется уравнению движения не спинорного типа (не-σ), например уравнению Максвелла, Эйнштейна или Прока; ансамбль же частиц подчиняется статистике Бозе-Эйнштейна (Б). Во втором случае (при $S = {}^1/_2, {}^3/_2, {}^5/_2$ и т. д.) состояние частиц подчиняется уравнению спинорного типа (σ), а их ансамбль — статистике Ферми-Дирака (Ф). С другой стороны, для частиц с целочисленными спинами характерно отсутствие нуклеонных зарядов ($G = 0$); напротив, у частиц с дробными спинами заряд имеет определенное конечное значение. Единственным свойством, которое не обнаруживает однозначной связи со спином, является электрический заряд, а также время жизни t. Поэтому свойства «элементарных» частиц (за вычетом массы M, принятой уже нами за аргумент) можно разбить на две группы: в одну войдут свойства S и G, а также признаки, выражающие подчиненность частиц определенному уравнению движения и статистике; в другую группу войдут свойства Z и t (время жизни). В основу построения системы положим первую группу свойств, принимая их за периодическую функцию от аргумента M.

В соответствии с этим, составленный выше ряд «элементарных» частиц преобразуется следующим образом (табл. 3).

Табл. 3 обнаруживает особого рода периодичность свойств (кроме M), причем периодичность двучленного характера: частицы с целочисленными спинами правильно чередуются с частицами, у которых спин имеет нецелочисленный характер. Частицы первого рода составляют нулевую группу с целочисленными спинами (группу 0); частицы второго рода — первую группу с нецелочисленными спинами (группу I).

Поэтому, пользуясь приемом Д. И. Менделеева, табл. 3 можно видоизменить так, чтобы подчеркнуть периодический характер зависимости свойств «элементарных» частиц от их массы (табл. 4).

На основании табл. 4 можно высказать следующее положение, аналогичное периодическому закону Менделеева, но отнесенное не к химическим элементам, а к «элементарным» частицам: *если все известные «элементарные» частицы распо-*

Таблица 3

Общий ряд частиц, расположенных по величине их массы

Свойства	Частицы			
	$M=0$	легкие	средние	тяжелые
	g? γ	ν e^- e^+	μ^0 μ^- μ^+	p n^0
Масса	0	ок. 0, $<0,15$; 1	20? 200, >200	1836,5; 1839
Спин	2; 1	$^1/_2$	0 или 1?	$^1/_2$
Нуклеонный заряд	0	0,0001	0	1
Уравнение движения	не-σ	σ	не-σ	σ
Статистика	Б	Ф	Б?	Ф
Функция частиц*	q	Q	q	Q

* О функции частиц q и Q см. ниже.

Таблица 4

Расположение частиц по рядам и группам (1946 г.)

Ряды	Группы	
	0 ($S=0$; 1; 2)	I ($S={}^1/_2$)
1	g? γ 0	ν? e^-e^+ ок. 0, $<0,15$ 1
2	μ^0 μ^- μ^+ 20? $\gtreqless 200$	p n^0 1836,5 1839

ложить по величине их массы покоя, то получится периодическое повторение свойств — спин частиц их нуклеонный заряд, подчиненность определенным типам уравнения движения и статистики и некоторые другие свойства (за исключением электрического заряда и времени жизни) *находятся в периодической зависимости* (или, выражаясь алгебраически, образует периодическую функцию) *от величины их массы покоя.*

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ «ЭЛЕМЕНТАРНЫХ» ЧАСТИЦ И «ТАБЛИЦА ПО МАССАМ»

Подобно тому как нейтральный атом какого-либо химического элемента отличается от ионизованного атома того же элемента лишь своим электрическим состоянием, так и «элементарные» частицы каждой группы можно рассматривать как одну частицу, обладающую лишь различным электрическим состоянием (электроположительным, электроотрицательным или электронейтральным) или же различным энергетическим состоянием. Так, например, уже сравнительно давно «нейтрон и протон рассматриваются как две эквивалентные элементарные частицы (как крайняя форма этой точки зрения — два различных состояния одной элементарной частицы)»[1].

Периодическая система Менделеева охватывает атомы химических элементов независимо от их состояния; атомы, а не ионы представляют собой основные частицы, на основе которых строится эта система. Например, атомы хлора могут быть в нейтральном и ионизованном виде, но этот их вид или состояние не меняют того факта, что они являются атомами данного элемента, т. е. хлора, и приходятся на одно и то же место в периодической системе Менделеева.

Соответственно этому можно допустить, что существуют только *четыре основных вида* «элементарных» частиц, различным состоянием которых являются все известные ныне частицы. Эти четыре вида отвечают четырем группам частиц, о которых говорилось выше: а) частица с нулевой массой покоя — квант (ε без индекса); б) легкая частица, которую можно было бы условно обозначить буквой e без индекса; в) средняя частица — мезон (μ без индекса); г) тяжелая частица — нуклеон (n без индекса).

Можно сказать, что это — основные виды «элементарных» частиц, или, короче, основные частицы, а каждая конкретная «элементарная» частица есть разновидность или состояние одной из этих четырех основных частиц.

В таком случае фотон следовало бы обозначать через ${}_1\varepsilon$, гравитон — через ${}_2\varepsilon$, где индексы 1 и 2 указывают значение спина; электрон, позитрон и нейтрино, соответственно,— через e^-, e^+, e^0, мезоны, как это делается и теперь, через μ^-, μ^+, μ^0, протон — через n^+, нейтрон — через n^0.

Подобно тому как Д. И. Менделеев строил свою систему элементов, исходя не из различных состояний атомов, а из

[1] М. И. Корсунский. Нейтрон. 1935, стр. 205.

свойств, присущих атомам во всех их состояниях, так и в данном случае систему «элементарных» частиц правильнее строить, опираясь на основные их виды, а не на их различные состояния (нейтральные и электрозаряженные). В этом случае табл. 4 примет окончательную форму, которую назовем «Таблицей по массам» (табл. 5).

Таблица 5

Таблица по массам (1946 г.)

Ряды	Группы	
	0 ($S=0$; 1; 2)	I ($S=1/2$)
1	ε 0	e ок.0,<0,15; 1
2	μ 20?; 200; >200	n 1836,5; 1839

Табл. 5 показывает, что по крайней мере еще в одном отношении обнаруживается глубокая связь между периодической системой Менделеева и предполагаемой системой «элементарных» частиц. В системе Менделеева на одно место приходится один химический элемент, представляющий собою один вид атомов; но он может состоять из многих разновидностей (изотопов), различающихся между собой по величине своей массы. Число таких разновидностей (если учитывать только устойчивые из них) достигает иногда 8—10 (у Sn, Cd, Xe, Mo и др.); колебание массы у тяжелых элементов обычно не превышает 10—15% массы самого легкого из изотопов; у легких же элементов оно достигает 30% (у Li) и даже 100—200% (у H).

Нечто аналогичное наблюдается и в рассматриваемой системе «элементарных» частиц (см. табл. 4). У основных видов частиц оказывается по нескольку «изотопических»[1] разновидностей, занимающих одно и то же место в системе, но различающихся по своему энергетическому состоянию, а следовательно и по массе. Так, на месте I—1 стоят частицы ν? (e^0) с M = ок. 0,< 0,15 и $e^{\pm}$ с $M=1$; на месте 0—2 стоят частицы μ^0 с $M=20$ (?) и $\mu^{\mp}$ с $M=<200$, 200 и >200. На месте I—2 стоят частицы p (n^+) с M =1836,5 и n^0 с $M=1839$. При этом характерно, что радиоактивным в последнем случае оказывается более тяжелый «изотоп» n^0, а продукт его распада (протон)

[1] Характерно, что физики употребляют термин «изотопические частицы» для обозначения протона и нейтрона.

устойчив, хотя в ядре оба «изотопа» превращаются друг в друга. Подобная же картина наблюдается в обычных радиоактивных рядах. Например, RaD (Pb 210) радиоактивен, а его изотоп и вместе с тем конечный продукт его распада Pb 206, обладающий меньшей массой, устойчив.

Наконец, если окажется, что у нейтрино собственная масса равна нулю, как и у фотона, то мы будем иметь случай, аналогичный «изобарам»: частицы с одинаковой массой стоят на разных местах системы и принадлежат к различным основным видам «элементарных» частиц. То же имело бы место и в случае мезонов с массой, равной массе одного из нуклеонов. Такая возможность вытекает из того, что каждая основная частица может существовать в форме нескольких «изотопических» разновидностей.

«Таблица по массам» (табл. 5) имеет то преимущество перед табл. 4, что в ней на одно место системы приходится только один вид элементарных частиц, а не несколько, как в табл. 4; с другой стороны, каждому виду частиц отвечает только одно место в системе. Это означает, что место частицы в «Таблице по массам» может служить *определяющим признаком самой «элементарной» частицы*. В применении к химическим элементам это обстоятельство всегда подчеркивал Менделеев, считая его самым существенным признаком элементов в связи с их размещением по периодической системе[1].

«Судя по всему, что известно поныне,— писал Менделеев,— в одном месте системы находится всегда только один элемент»[2]. И наоборот: «Каждый элемент по периодической системе имеет место, определяемое группою (означаем римскою цифрою) и рядом (цифра арабская), в которых находится»[3].

В «Таблице по массам» (см. табл. 5) существует такое же отношение между «элементарной» частицей и ее местом в таблице. В отличие от периодической системы Менделеева, здесь невозможна интерполяция свойств, поскольку все четыре места системы располагаются по ее углам, не образуя никаких мест в ее середине. Четыре места в системе имеют следующие координаты: (0—1), (I—1), (0—2), (I—2). Первое число (группа) указывает характер спина и связанные с ним свойства частиц, второе число (ряд) указывает на то, являются ли частицы легкими или тяжелыми и в связи с этим обладают ли они

---

[1] См. Д. И. Менделеев. Периодический закон химических элементов, 1934, стр. 62. «Д. И. Менделеев. Новые материалы по истории открытия периодического закона», 1950, стр. 39.

[2] «Д. И. Менделеев. Новые материалы...», 1950, стр. 45.

[3] Д. И. Менделеев. Основы химии. Изд. 13-ое, 1947, т. II, стр. 86.

способностью к радиоактивному распаду или нет. Комбинация обоих чисел определяет таким образом до известной степени совокупность свойств частиц (кроме, разумеется, Z).

Следует обратить внимание на одно важное обстоятельство. Понятие основного вида атомов (химического элемента) было установлено значительно раньше, нежели понятие *разновидности* (изотопа) и понятие реального *состояния* элемента (нейтрального и ионизованного). Поэтому к моменту создания периодической системы элементов Д. И. Менделеевым (1869 г.) число известных сортов атомов не только не превышало числа мест в системе, а было значительно меньше. Это облегчало размещение известных тогда 63 элементов в системе и, кроме того, давало возможность предсказывать не открытые еще элементы по пустующим клеткам таблицы.

Напротив, в случае «элементарных» частиц понятие основного вида частицы отнюдь еще не установилось; оно может установиться лишь теперь, когда открыты не только сами эти основные виды частицы, но и большинство их «изотопических» разновидностей, каждая из которых первоначально считалась (да обычно считается и до сих пор) самостоятельным видом частиц. Поэтому к моменту постановки вопроса о системе «элементарных» частиц не только оказались бы заполненными все места в этой системе, но оказалось бы, что известных частиц в несколько раз больше, чем возможных мест в системе. Получилось бы это так, как если бы еще до установления понятия химического элемента было открыто несколько сот изотопов и ионов, каждый из которых считался бы самостоятельным видом атома; в таком случае периодический закон химических элементов мог быть открыт только после сведения всех разновидностей атомов к 100 известным в настоящее время основным видам атомов (т. е. к 100 химическим элементам). Нечто похожее имеет место в случае классификации «элементарных» частиц: для ее осуществления необходимо ввести понятие «основного вида частиц»; такое понятие должно объединить целые группы частиц, обладающих различными, но близкими значениями массы покоя и одинаковыми значениями спина и находящихся в различных (электрозаряженном или нейтральном) состояниях.

ПРЕВРАЩЕНИЕ «ЭЛЕМЕНТАРНЫХ» ЧАСТИЦ КАК ИХ «СДВИГ» В «ТАБЛИЦЕ ПО МАССАМ»

Пользуясь «Таблицей по массам» (см. табл. 5), рассмотрим, как выражаются в ней генетические связи между «элементарными» частицами (табл. 6).

Таблица 6

Характер «сдвига» частиц при их взаимопревращениях

Характер взаимных превращений частиц	Место частиц в «Таблице по массам»			
	0—1 кванты ε	I—1 легкие частицы e	0—2 мезоны μ	I—2 нуклеоны n
Распад нейтретто	(γ) ← — — —	— γ — — —	— — — (O)	
Взаимопревращение «пар» и фотонов	(γ)	← K —; $\beta^{+,-}$; ——→ $(+,-)$		
Распад тяжелых и средних частиц		$(\pm, O)$	←— $\beta^{\pm}$ —— $(+)$ ←- - -; ←——	$\beta^{\pm}$ - - - ; $\beta^{\pm}$ ——— $\left(\begin{smallmatrix}+\\ \downarrow\uparrow\\ O\end{smallmatrix}\right)$

Здесь $\pm$ означает одну частицу либо со знаком плюс, либо, соответственно, со знаком минус; $+,-$ означает пару частиц с противоположными знаками; $\pm, O$ означает пару частиц, из которых одна имеет знак плюс или минус, другая нейтральна; $+ \rightleftarrows O$ означает превращение частицы из электроположительного состояния в нейтральное и обратно.

Соответственно этому $\beta^{\pm}$ означает бэта-распад с образованием одной заряженной частицы (+ или—): $\beta^{+,-}$ — с образованием сразу двух частиц, заряженных противоположными знаками (+ и —); K означает процесс, аналогичный K-захвату, когда один электрон, при его поглощении, нейтрализует один положительный заряд (позитрон); γ означает процесс, сходный с γ-излучением.

Прерывистыми линиями, как и раньше, обозначены предполагаемые процессы.

Табл. 6 показывает, что взаимные превращения частиц можно рассматривать как своеобразный «сдвиг» на одно место в «Таблице по массам» вправо или влево или на два места влево. Таким образом, характер превращений частиц, в том числе и их радиоактивного распада, сводится к простейшему типу бэта-излучения, при котором происходит сдвиг на одно место в системе вправо или влево. Однако возможны и более сложные сдвиги, например в случае, если окажется, что нейтрон

распадается не на протон и отрицательный мезон, а непосредственно на протон, электрон и нейтрино.

Связь между системой «элементарных» частиц и периодической системой Менделеева носит еще более глубокий характер. Известно, что в естественных условиях у тяжелых элементов, начиная со свинца, а в отдельных случаях раньше (у K, Sm) обнаруживается способность к спонтанному радиоактивному распаду. Нечто аналогичное обнаруживается и в рассматриваемой системе «элементарных» частиц; если в первом ряду радиоактивные частицы не встречаются вовсе, то второй ряд почти целиком (кроме протона) состоит из частиц, способных к радиоактивному распаду. Следовательно, высокая концентрация в одной частице сравнительно большой массы покоя, а следовательно и большого запаса внутренней энергии, соответствующей этой массе, делает частицу неустойчивой, склонной самопроизвольно отдавать избыток массы и энергии, превращаться в более устойчивые частицы или в более устойчивые их состояния. Протон как продукт распада нейтрона в свободном состоянии неизмеримо более устойчив, чем нейтрон; точно так же электрон и, возможно, нейтрино как конечные продукты распада мезона неизмеримо более устойчивы по сравнению с мезоном.

Таким образом, можно сказать, что возможная система «элементарных» частиц, представленная «Таблицей по массам», воспроизводит как бы в зародыше периодическую систему Менделеева.

О СПИНЕ МЕЗОНОВ[1]

Одной из существенных функций некоторых «элементарных» частиц является то, что они служат связующим звеном (или «полем») для других более сложных «элементарных» частиц при их взаимодействии между собою. Можно предположить, например, что гравитационное взаимодействие обычных макроскопических тел осуществляется при помощи «гравитонов» или гравитационного поля. Взаимодействие электронов (и вообще электрически заряженных тел) осуществляется в электромагнитном поле при помощи фотонов (световых квантов); взаимодействие тяжелых частиц внутри ядра можно мыслить как происходящее в особом поле ядерных сил (мезонном поле) при помощи мезонов. Мысль о том, что взаимодействие тяжелых частиц внутри ядра осуществляется при помощи легких частиц, была выдвинута впервые советскими физиками И. Е. Таммом и

[1] Этот раздел добавлен позднее.

Д. Д. Иваненко (1934). Частицы, участвующие во взаимодействии, обладают способностью рождать и поглощать более простые частицы определенного типа. Более простые же частицы служат материальными переносчиками взаимодействия между более сложными частицами. Обозначим через Q более сложные частицы, являющиеся главными участниками взаимодействия, между которыми существует это взаимодействие, а через q более простые частицы, частицы-переносчики, при помощи которых данное взаимодействие осуществляется. Очевидно, частицы, служащие переносчиками взаимодействий (q-частицы), должны обладать таким спином S, который не вызывал бы изменения характера спина у главных взаимодействующих Q-частиц, иначе спин Q-частиц не мог бы иметь постоянное, а тем более фундаментальное значение. Это может иметь место только в том случае, если у q-частиц спин равен 0, или во всяком случае имеет целочисленное значение. Таким образом, только частицы, входящие в группу 0 (табл. 4), могут выполнить роль переносчиков взаимодействия. Так это и обстоит на деле, ибо фотоны играют роль q-частиц при взаимодействии электрозаряженных частиц, гипотетические гравитоны — при гравитационном взаимодействии, а мезоны играют, по-видимому, ту же роль при ядерном взаимодействии между тяжелыми частицами.

Таким образом, мысль о существовании определенной периодичности свойств «элементарных» частиц получает дальнейшее подтверждение и развитие.

Подойдем с этой точки зрения к вопросу о спине мезонов.

Вопрос о значении спина мезона еще не решен современной физикой. Его решение зависит от установления характера распада мезонов. Если имеет место: $\mu^{\pm} \rightarrow e^{\pm} + \nu$, то спин мезона равен 0 или 1; если же $\mu^{\pm} \rightarrow e^{\pm} + \gamma$, то спин мезона равен $^1/_2$. Следовательно, для спина мезона возможны три значения: 0, $^1/_2$ или 1. В. Л. Гинзбург отмечает, что «более вероятным является значение спина, равное нулю»[1].

Однако экспериментального подтверждения эта величина еще не получила. «....Вычисления сходятся с опытом, если считать, что спин мезона равен 0 или $^1/_2$. Различить между спинами 0 и $^1/_2$ пока нельзя, так как точность экспериментов и теоретических подсчетов является недостаточной... Нельзя также полностью исключить возможность того, что спин мезона равен 1...»[2].

---

[1] В. Л. Гинзбург. Теория мезона и ядерные силы. Сб. «Мезон». Под ред. И. Е. Тамма. 1947, стр. 228.

[2] Там же, стр. 243—244.

То же отмечает Д. Д. Иваненко: «Спин мезотронов еще не определен с достоверностью, наиболее вероятно существование псевдоскалярных частиц (спин 0) и векторных (спин 1)»[1].

С другой стороны, для определения характера распада мезона необходимо знать спин мезона. Как указывает Е. Л. Фейнберг, при распаде заряженного мезона «число всех новообразующихся частиц и их природа находятся в зависимости от (неизвестного пока) спина мезона... При совокупности теоретических представлений принято ожидать, что продуктами распада являются электрон и нейтрино...»[2]. И далее: «Наблюдения в камере Вильсона показывают распад мезона и не противоречат предположению о вылете одного электрона и одного нейтрино, однако, конечно, они не могут исключать и некоторые другие возможности»[3].

По этому же поводу Д. Д. Иваненко пишет: «По всей вероятности, некоторые сорта мезотронов при спонтанном распаде дают более легкие мезотроны (группа Пауэлла). Мезотроны же „стандартной" массы ок. 200 m в свою очередь спонтанно распадаются, повидимому, на электрон-нейтрино...»[4].

Однако вопрос этот окончательно не выяснен до сих пор. Он связан с вопросом о значении спина у мезонов.

«Таблица по массам» (см. табл. 5) составлена, исходя из допущения целочисленности спина мезона. Если бы мезоны не были еще открыты, то в этой таблице место 0—2 было бы свободно; на этом основании можно было бы сделать вывод о существовании «элементарных» частиц с массой покоя больше 1 и с целочисленным спином, исходя из того, что эти частицы должны занять место 0—2. Но мезоны уже открыты и значение их массы определено, причем для них в «Таблице по массам» открыто только одно место 0—2; отсюда теоретически вытекает следствие, что если «Таблица по массам» верна, то спин хотя бы одного сорта мезонов должен быть целочисленным. Подтверждение этого следствия можно рассматривать как подтверждение правильности «Таблицы по массам». Таким образом, имеется по крайней мере одно следствие, проверка которого на прак-

---

[1] Д. Д. Иваненко. Элементарные частицы и их взаимодействия. «Успехи химии», 1948, т. XVII, вып. 5, стр. 561.

[2] Е. Л. Фейнберг. Распад мезона. Сб. «Мезон», стр. 80.

[3] Там же, стр. 111.

[4] Д. Д. Иваненко. Элементарные частицы..., стр. 561. (Здесь m означает массу покоя электрона.— *Б. К.*)

тике должна вместе с тем служить проверкой правильности «Таблицы по массам»[1].

Таблица 7

Возможное расширение «Таблицы по массам» (1951 г.)

Ряды	Группы	
	O (S = 0,1,2)	I (S = $^1/_2$)
1	ε	*e*
2	τ?	μ
3	π	*n*

ОБЩЕЕ СРАВНЕНИЕ ВОЗМОЖНОЙ СИСТЕМЫ «ЭЛЕМЕНТАРНЫХ» ЧАСТИЦ С ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ЭЛЕМЕНТОВ МЕНДЕЛЕЕВА

В порядке выводов выскажем следующие положения.

Для «элементарных» частиц, так же как и для образованных из них химических элементов, повидимому, существует особого рода периодическая зависимость свойств от массы, на основании которой можно построить систему «элементарных» частиц. По своим принципам и проявлениям такая система «элементарных» частиц до известной степени сходна с периодической системой Менделеева. Сходство между обеими системами проявляется в том, что, подобно периодической системе Менделеева, предполагаемая система «элементарных» частиц обнаруживает:

1) периодичность свойств, заключенную в минимально коротких, двучленных периодах (сходство с общей структурой системы Менделеева);

[1] В настоящее время различают несколько сортов мезонов, которые обозначаются как π, τ, μ-мезоны. Имеются сведения, что отрицательные μ-мезоны обладают спином $^1/_2$. Если это подтвердится, то «Таблица по массам» должна быть расширена с выделением в ней еще одного ряда в ее середине (табл. 7). В таком случае можно предположить существование трех сортов мезонов: двух с целочисленными спинами (например, τ и π), занимающих места 0—2 и 0—3, и одного с полуцелым спином (μ), занимающим место I—2 в «Таблице по массам». Тогда место нуклеонов в таблице будет иметь координаты I—3. Однако и в этом случае остается в силе вытекающее из «Таблицы по массам» следствие, что по крайней мере некоторые сорта мезонов должны обладать целочисленным спином.

2) зависимость прочих свойств от массы покоя частиц, выступающей в первом приближении в качестве аргумента (сходство с ролью атомного веса);

3) периодическое изменение спина частиц, как функции их массы в первом приближении (сходство с изменчивостью валентности элементов, связанной со спином валентных электронов);

4) появление радиоактивных свойств в нижней части предполагаемой системы у тяжелых частиц (сходство с подобным же явлением в нижней части периодической системы Менделеева у тяжелых элементов);

5) существование основных частиц, способных находиться в различных возбужденных и невозбужденных энергетических состояниях,— некоторое, хотя и весьма формальное сходство с тем, что атомы одного и того же элемента могут находиться в различных энергетических состояниях;

6) попадание на одно место предполагаемой системы только одной основной частицы и тот факт, что каждой основной частице соответствует вполне определенное место в их системе (сходство в том, что определяющим признаком химического элемента служит его место в периодической системе Менделеева)[1];

7) осуществление разновидностей основных частиц, приходящихся на одно и то же место в их предполагаемой системе и различающихся между собой по величине их собственной массы (сходство с изотопами в периодической системе Менделеева);

8) изображение процессов взаимного превращения частиц как перехода с одного места в системе частиц на соседнее слева или справа или через одно слева (сходство с законом сдвига для β- и α-распада в периодической системе Менделеева);

9) отображение в классификации частиц процесса их усложнения и развития, идущего от простого к сложному, от низшего к высшему (сходство с отображением в периодической системе Менделеева процесса развития химических элементов).

Сходство между периодической системой Менделеева и возможной системой «элементарных» частиц не является случайной аналогией, заимствованной из чуждых друг другу областей природы; это сходство обусловлено не внешней, формальной аналогией между двумя, по существу различными системами, но вытекает из внутренней, генетической связи,

---

[1] В связи с этим возможно установление своего рода «порядкового номера» у «элементарных» частиц.

существующей между самими объектами, которые отражены обеими системами. «Таблица по массам» подтверждает ту мысль, что, поскольку химические элементы и «элементарные» частицы генетически связаны между собой как развитое тело и его клеточка, постольку по необходимости закономерность химических элементов, отраженная в периодической системе Менделеева, должна, как зародыш, содержаться, вернее намечаться, в закономерности «элементарных» частиц, отраженной в виде системы этих частиц. И наоборот, свойства и закономерности «клеточки» должны находить свое должное развитие в соответствующих свойствах и закономерностях развитого тела, где они и раскрываются в полной мере. Отсюда следует, что, отправляясь от познанной уже закономерности, отвечающей высшей ступени развития материи, можно отыскать и раскрыть еще непознанные закономерности, отвечающие низшей ступени ее развития.

Так мы и поступили при рассмотрении вопроса о возможной классификации «элементарных» частиц, подходя к нему с точки зрения периодической системы элементов Менделеева.

НЕКОТОРЫЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ, ГОВОРЯЩИЕ В ПОЛЬЗУ ПРЕДЛАГАЕМОЙ ГИПОТЕЗЫ

В заключение остановимся еще раз на значении идей Менделеева для разбора вопроса о *классификации «элементарных» частиц*. Как было показано выше, мысль о том, что на первом месте в характеристике «элементарных» частиц должна стоять их масса, целиком навеяна идеями Менделеева, касающимися периодического закона химических элементов. Именно с позиций, связанных с идеями Менделеева, автором настоящих строк были подвергнуты критике таблицы Д. Д. Иваненко (1938 и 1946 гг.), поскольку обе они не строились на значении массы «элементарных» частиц как их *основном* признаке. Действительно, даже в таблице 1946 г. Д. Д. Иваненко не располагал частицы строго по возрастанию массы, а само свойство «масса» стояло у него в характеристике частиц на *третьем* месте (после спина и электрического заряда) в качестве одного из трех «зарядов» частиц; более того, массу частиц Д. Д. Иваненко характеризовал тогда[1] как свойство одинаково фундаментальное с четырьмя другими свойствами частиц — спином, электрическим зарядом, ядерным зарядом и уравнением движения.

---

[1] В упоминавшемся выше докладе, сделанном в Институте философии АН СССР (май 1946).

В докладе автора (май 1946 г.), представляющем главное содержание данной статьи, и в его выступлении по упомянутому докладу Д. Д. Иваненко со всей силой было подчеркнуто, что возникновение мысли о расположении «элементарных» частиц по массам обязано исключительно влиянию основных положений Менделеева, касающихся периодического закона, в частности влиянию его великой идеи о том, что масса есть определяющее, фундаментальное свойство микрочастиц.

Основываясь на идеях Менделеева о роли массы в характеристике частиц материи, автор и предложил «Таблицу по массам», в которой были устранены такие существенные недостатки таблицы Д. Д. Иваненко 1946 г., как непоследовательность в расположении частиц по величине их массы, отнесение массы к числу одного из многих свойств, принятых за одинаково фундаментальные, и постановка массы в таблице после спина и даже после электрического заряда.

Правильность основного положения о том, что природа «элементарных» частиц определяется в конечном счете их массой, как наиболее фундаментальным их свойством, была подтверждена тем, что это положение было полностью повторено в позднейших работах Д. Д. Иваненко; под влиянием критики его таблицы 1946 г., Д. Д. Иваненко коренным образом изменил свой взгляд на роль массы в характеристике «элементарных» частиц и соответствующим образом перестроил свою таблицу.

В 1947 г. он опубликовал новую таблицу, видоизменив ее так, как это было сделано в «Таблице по массам»; он расположил все частицы строго по возрастанию их массы покоя и поставил массу на первое место в ряду других свойств при характеристике частиц[1]. Легко заметить, что это коренное изменение своей таблицы Д. Д. Иваненко произвел под непосредственным влиянием идей Менделеева, вызвавших «Таблицу по массам».

Если до 1947 г. Д. Д. Иваненко ставил массу в один ряд с другими «фундаментальными» свойствами частиц и относил ее к числу «зарядов» частиц, то в 1947 г. он пишет: «Свойства элементарных частиц можно разделить на три основных класса: а) собственная масса (определяющая, так сказать, основную индивидуальность частиц), б) тип волновых функций (или спин) и уравнение движения, в) заряды (константы, определяющие интенсивность связи частиц друг с другом)[2]. И далее: «Значе-

[1] Д. Д. Иваненко. Введение в теорию элементарных частиц. «Успехи физ. наук», 1947, т. XXXII, вып. 2, стр. 150—151, «Таблица элементарных частиц».

[2] Там же, стр. 153.

ние собственной массы или массы в состоянии покоя, без сомнения, является наиболее характерным индивидуальным признаком элементарной частицы»[1]. Мы обнаруживаем здесь у Д. Д. Иваненко влияние идей Менделеева, определившее выдвижение массы покоя на первое место в характеристике «элементарных» частиц в качестве их *основного* свойства.

Позднее, в 1948 г., Д. Д. Иваненко пошел еще дальше в том же направлении, связав массу частиц и их спин в один класс основных свойств частиц, определяющих «так сказать, основную индивидуальность частиц», причем на первом месте ставилась масса с указанием, что «после массы вторым важнейшим свойством частиц является их спин»[2].

Таким образом, два ведущих советских теоретических журнала, один по физике («Успехи физических наук») другой по химии («Успехи химии»), опубликовали выдвинутый нами и изложенный в статьях Д. Д. Иваненко новый взгляд на массу как на определяющее свойство «элементарных» частиц с соответствующей этому взгляду новой таблицей. Это обстоятельство нельзя не расценить как фактическую поддержку основного положения, о значении массы при классификации «элементарных» частиц, выдвинутого под влиянием идей великого Менделеева. Тем самым фактически была поддержана мысль о применимости основных идей учения Менделеева об элементах к классификации «элементарных» частиц.

Однако сам Д. Д. Иваненко ничего не сказал о том, что пересмотр взглядов на роль массы в характеристике «элементарных» частиц он произвел под влиянием идей Менделеева. Более того, он счел возможным сослаться в связи с этим не на великого русского химика, а на весьма ограниченного немецкого химика Деберейнера, работы которого не имели в данном случае абсолютно никакого значения, поскольку в них на первое место при классификации элементов ставилось не свойство массы, как у Менделеева, а химическое сходство. В статье Д. Д. Иваненко сказано следующее:

«Хотя мы во многом еще далеки от естественной системы элементарных частиц, подобной, по законченности, „естественной периодической системе химических элементов“ Менделеева, и, очевидно, переживаем период, примерно аналогичный эпохе триад Деберейнера, но сейчас, благодаря установлению ряда глубоких соотношений, конечно, уже нет речи о каком-либо беспорядочном нагромождении частиц»[3].

---

[1] Там же, вып. 3, стр. 301.

[2] «Успехи химии», 1948, т. XVII, стр. 550, 551.

[3] Д. Д. Иваненко. Введение в теорию..., стр. 152.

Более того, хотя Д. Д. Иваненко фактически принял и провел в своей характеристике «элементарных» частиц идею Менделеева о роли массы, он ставит под сомнение применимость этой идеи к классификации «элементарных» частиц. При этом он ссылается на нейтрино: «Масса нейтрино во всяком случае гораздо меньше массы электрона и возможно, равна нулю... Однако нейтрино по своим свойствам спинорной дираковской частицы спина $^1/_2$ гораздо ближе стоит к электронам и позитронам, нежели к фотонам. Этот пример заставляет с осторожностью отнестись к распределению частиц по массам и говорит скорее в пользу классификации по значениям спинов»[1]. К этому месту следует примечание, в котором приведена изложенная выше наша мысль, что электрон, позитрон и нейтрино можно рассматривать как различные изотопические состояния одной и той же легкой частицы: «Не исключено, однако, что e^-, e^+, ν образуют «триаду» легких частиц, характеризуемых различными значениями добавочной внутренней координаты типа изотопического спина, аналогично протону, нейтрону и гипотетическому антипротону. Тогда различие в собственных массах не будет столь существенно внутри триады» [2].

Только в одном месте Д. Д. Иваненко мимоходом упоминает Менделеева в связи с вопросом о классификации частиц по массам, но лишь для того, чтобы тут же отдать преимущество в этом вопросе Ньютону: «... Масса покоя приводит к наиболее естественной классификации частиц, которая и была указана во введении. Эта классификация соответствует выбору массы (или атомного веса) в качестве основного, так сказать, „менделеевского“ признака, или отвечает, если угодно, даже еще более раннему ньютоновскому определению массы, как „меры“ вещества»[3]. Отсутствие ссылок на Менделеева имеет место и в дальнейших работах Д. Д. Иваненко, где он заявляет, например, что, «так сказать, здоровые инстинкты физики диктуют необходимость признания собственной массы или энергии в качестве фундаментального признака частицы, во всяком случае, наиболее резко определяющего ее. индивидуальность, способность по-

---

[1] Д. Д. Иваненко. Введение в теорию..., стр. 164. Следует отметить, что распределению частиц по массам, казалось бы, противоречило открытие так называемых варитронов, с массой, значительно превышающей 2000, которые явно не укладывались в «Таблицу по массам». Однако в настоящее время это открытие не подтвердилось, а потому указанное затруднение пока что отпало. Правда, ныне предполагается существование нейтральных мезонов с М = ок. 2200.

[2] Там же, стр. 164.

[3] Там же, вып. 3, стр. 302.

рождаться, уничтожаться...»[1]. Спрашивается, почему же «здоровые инстинкты физики» не диктовали этого проф. Д. Д. Иваненко до мая 1946 г., т. е. до того момента, когда выяснилось, какое значение могут иметь идеи Менделеева для постановки и обсуждения вопроса о характеристике и классификации «элементарных» частиц? Не вернее ли было бы сказать, что не какие-то «инстинкты» и не давно уже забытые метафизические представления Деберейнера и не ограниченные взгляды Ньютона на массу, а правильный и всесторонний учет менделеевского научного наследства помогает современным физикам ставить и решать коренные вопросы науки о веществе.

---

[1] «Успехи химии», 1948, т. XVII, вып. 5, стр. 550—551.

Член-корр. АН СССР А. Я. ХИНЧИН

МЕТОД ПРОИЗВОЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ И БОРЬБА ПРОТИВ ИДЕАЛИЗМА В ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ

По вопросу о содержании основных понятий теории вероятностей среди специалистов имеются до сих пор значительные разногласия. Речь идет при этом не о формулировке и доказательстве математических предложений. Расхождения начинаются там, где ставится вопрос о реальной интерпретации основных понятий, о связи между математической теорией и миром действительности. К каким явлениям, почему и как может быть применимо понятие вероятности? Из каких черт реального мира, из каких объективных свойств событий вытекают даваемые математической теорией значения вероятности? Вот те основные вопросы, по которым до сих пор нет единодушия среди специалистов.

Все мы согласны, что вероятность события должна быть близка к *частоте* его при большом числе испытаний. Если, например, теоретический расчет даст для вероятности какого-нибудь события значение $^1/_3$, а при повторении испытаний это событие будет упорно реализоваться в *одной четверти* всех случаев, то все мы без всяких разногласий решим, что расчет произведен неправильно, что либо он исходил из неправильных предпосылок, либо были допущены ошибки при вычислении. В наши дни ни один курс лекций по теории вероятностей не может обойтись без ясного указания с самого же начала на необходимость этой частотной интерпретации вероятности события. Мы все конкретно ощущаем реальный смысл любой теоремы и любой задачи теории вероятностей, только подставляя на место вероятностей всех событий соответствующие частоты.

Однако частоты событий только тогда могут быть связаны с определенными вероятностями, если они устойчивы, т. е. если мы, как правило, в любой большой серии испытаний получаем для них приблизительно одни и те же значения. Если мы

говорим, что при бросании «правильной» игральной кости вероятность выпадения пятерки равна $^1/_6$, то мы тем самым предполагаем (основываясь фактически на многократном опыте), что в длинной серии бросаний мы почти всегда будем наблюдать выпадение пятерки примерно в одной шестой части всех случаев. Если бы долговременный опыт показал нам, что в различных таких сериях частота выпадений пятерки бывает весьма различна, то мы просто заключили бы, что к данному событию понятие вероятности неприменимо. Таким образом, аппарат теории вероятностей может быть применим лишь к таким явлениям, где частоты событий обладают устойчивостью. Но что это за явления? Какими чертами должно обладать явление природы (или технический процесс) для того, чтобы частоты связанных с ним событий обладали устойчивостью? И как можно было бы, не производя эксперимента, из закономерностей, управляющих самим явлением, определить теоретическим путем, принадлежит ли оно к классу явлений с устойчивыми частотами или нет?

Ответы на эти вопросы имеют фундаментальное значение для методологически правильной разработки вероятностных концепций.

* * *

Классическая теория, выросшая на исследовании шансов во всякого рода азартных играх, давала понятию вероятности такое определение, которое не имеет к реальным частотам никакого отношения. Когда бросается игральная кость, это явление может иметь шесть различных исходов; если кость геометрически правильна и физически однородна, то эти шесть исходов представляются нам, как говорят, «равновозможными» (т. е. равновероятными). Так как из них только один знаменует собою наступление интересующего нас события (выпадение пятерки), то вероятность этого события по определению, равна $^1/_6$. Вообще, если данное явление может иметь n различных исходов, которые из соображений симметрии признаются «равновозможными», и если среди этих n исходов какие-нибудь m влекут за собою обязательное наступление события A, а остальные $n—m$, напротив, исключают его появление, то вероятность события A по определению полагается равной m/n.

Таково «классическое» определение вероятности события. Как же оно отвечает на поставленные нами выше вопросы? Можно ли, например, базируясь на нем, предсказать, что частота выпадения пятерки в длинной серии бросаний правильной игральной кости будет устойчивой и примерно равной $^1/_6$?

Всем, кто серьезно задумывался над этим вопросом, уже давно ясно, что этого сделать нельзя, что к этому делу нельзя даже и приступить. Определение, в котором о реальном течении явления не говорится ни одного слова, не может, конечно,— какие бы вычисления мы при его помощи ни производили,— дать нам никакого прогноза об этом течении и его исходе. Попытки связать классическое определение вероятности с реальными частотами, делавшиеся прежде (а в учебниках еще и теперь иногда встречающиеся), обычно апеллируют к теореме Бернулли, формулируемой следующим образом: вероятность получить длинную серию бросаний, в которой частота выпадений пятерки заметно отлична от $^1/_6$, ничтожно мала; следовательно, на практике такие серии почти не встречаются. Первая половина этой фразы правильно интерпретирует содержание теоремы Бернулли; но вторая, начинающаяся со слова «следовательно», ни на чем не основана. Если принять классическое определение вероятности, то теорема Бернулли учит нас только следующему. Представим себе, что мы выписали все возможные результаты[1] серии из n бросаний нашей кости (таких результатов будет, очевидно, 6^n); если n велико, то в подавляющем большинстве этих серий результатов относительное число пятерок будет очень близко к $^1/_6$. Этим полностью исчерпывается информация, даваемая нам теоремой Бернулли; делать же отсюда вывод, что при практическом проведении серии из n испытаний мы будем почти всегда получать близкую к $^1/_6$ частоту выпадений пятерки,— это значит вводить совершенно новое допущение, логически никак не вытекающее из классической теории, более того, совершенно чуждое ей по своей природе, так как классическая теория не имеет никакого отношения к реальным частотам.

Таков первый дефект классического понимания вероятности: никакого моста, ведущего от теоретических расчетов к реальной статистике событий, эта теория не содержит и своими внутренними средствами создать не может. Все мнимые связи с реальностью, якобы устанавливаемые теоремой Бернулли, основаны на недоразумении. И вот, как это обычно бывает, если в науке создается действительно трудное положение этого рода, если в ней возникает пробел, которого она в данное время не умеет заполнить, идеалистическая философия атакует эту «ахиллесову пяту», стремясь показать, что возникший пробел и не может быть заполнен средствами материалистической науки и что,

[1] Каждый такой результат есть последовательность n цифр, взятых из группы 1, 2, 3, 4, 5, 6.

напротив, все связи восстанавливаются и картина получает полноту, как только мы становимся на почву идеалистической теории познания.

В рассматриваемом нами случае с игральной костью идеалистическое «решение» вопроса таково. Если игральная кость геометрически правильна и физически однородна, то *у нас нет никаких оснований ожидать*, что при многократном бросании этой кости одна какая-нибудь ее грань будет появляться значительно чаще, чем другая; поэтому *мы естественно ожидаем*, что частота выпадения будет, как правило, примерно одинакова для всех граней и, в частности, частота выпадений пятерки будет приблизительно равна $^1/_6$. Опыт подтверждает это наше ожидание — вот и всё!

Таким образом, явление должно протекать так, а не иначе не потому, что его течение обусловлено объективной природой этого явления, а потому, что *мы ожидаем* именно такого его течения, что *мы были бы удивлены*, если бы оно протекало иначе. Эта насквозь идеалистическая концепция свила себе очень прочное гнездо в основах теории вероятностей. Ее можно встретить не только во многих рядовых учебниках, но нередко и в работах крупнейших ученых, в целом стоящих на правильных материалистических позициях, но не относящихся с достаточной строгостью и последовательностью к философским основаниям своей науки (см., например, «Исчисление вероятностей» академика А. А. Маркова). В ряде учебных руководств мы встречаем указания на то, что вероятность якобы призвана «измерять собою степень нашей уверенности в наступлении события» или «степень нашего ожидания, что событие наступит»; словом, из объективной характеристики природы изучаемого явления вероятность события превращается в чисто субъективный показатель, призванный характеризовать не столько само изучаемое явление, сколько наше субъективное к нему отношение.

* * *

Перейдем теперь к рассмотрению второго порока классического определения вероятности.

Представим себе, что бросаемая нами кость *неправильна* (т. е. либо неправильна геометрически, либо неоднородна физически); опыт учит нас, что в таком случае частота выпадения пятерки может становиться существенно отличной от $^1/_6$. Величина ее зависит от формы кости и распределения в ней материальных масс, но попрежнему остается *устойчивой*,

т. е. примерно одной и той же почти во всех длинных сериях бросаний. Спрашивается, может ли классическая теория предсказать эту устойчивость и теоретически определить вероятность выпадения пятерки в этом случае?

Непосредственно ясно, что она этого сделать не может; мало того, в данном случае (неправильная игральная кость) классическое понятие вероятности вообще принципиально неприменимо, так что нельзя даже и ставить вопрос о вероятности выпадения пятерки. В самом деле, чтобы это было возможно, необходимо, согласно классическому определению вероятности, чтобы наше явление могло иметь некоторое число n *равновозможных* (т. е. равновероятных) исходов и чтобы некоторые m из этих исходов влекли за собой обязательное выпадение пятерки, а остальные $n-m$, напротив, делали это выпадение невозможным; но если наша кость неправильна, то постановка задачи не дает абсолютно никакого подхода к отысканию такой группы равновозможных исходов, а потому и не дает нам никаких оснований приписывать выпадению пятерки какую-либо вероятность; все явления и вся задача вообще оказываются полностью вне сферы возможных применений теории вероятностей.

Простой обзор актуальной прикладной проблематики теории вероятностей легко показал бы, что только что рассмотренный пример не только не исключение, но, напротив, служит весьма типичным представителем положений, создающихся обычно на практике. Более того, лишь в весьма редких случаях (и притом, как правило, как раз в наименее актуальных) удается обнаружить ту группу развновозможных исходов явлений, о которой идет речь в классическом определении вероятности. Таким образом, это классическое определение вообще оказывается применимым лишь в весьма немногих исключительных случаях, область его применений не выходит, в сущности, далеко за пределы теории азартных игр. И если большинство курсов и трактатов, основывающихся на классическом определении вероятности, потом расширительно толкует полученные результаты, распространяя их и на такие задачи, где принятое ими за основу определение вероятности оказывается вообще неприменимым, то мы должны рассматривать это как второй, может быть еще менее оправданный акт логически ничем не обоснованного смешения и произвола.

Эти существеннейшие недостатки классической концепции вероятности побудили Мизеса, создателя теории «частот», полностью отказаться от классических основ теории вероятностей и заменить их совершенно новой «частотной» теорией,

которую он неуклонно и последовательно пропагандирует в течение многих лет. Мы рассмотрим теперь те основные черты этой теории, которые имеют значение для нашей темы.

* * *

Мизес прямо определяет вероятность события как *предел частоты* при безгранично возрастающем числе испытаний. Таким образом, связь вероятности с частотой здесь заложена уже в самом определении, и потому нет нужды в построении каких-либо специальных соединяющих их «мостов».

Мы не будем останавливаться здесь на трудностях, связанных с концепцией предела такой последовательности чисел, члены которой определяются случаем. Равным образом мы не будем касаться еще более серьезных трудностей, возникающих в результате некоторых дополнительных требований, которые частотная теория вынуждена налагать на входящие в круг ее ведения ряды испытаний. Укажем только, что эти трудности, несмотря на все усилия сторонников «частотной» теории, не преодолены. Отчасти по этой причине, а отчасти из более глубоких теоретико-познавательных оснований, о которых речь впереди, теория Мизеса не насчитывает в числе своих приверженцев ни одного из ведущих специалистов нашего времени. Однако среди представителей других наук, и прежде всего среди физиков, она пользуется широкой популярностью, а потому и заслуживает самого пристального внимания и критики с философской точки зрения.

Частотная теория требует, чтобы частоты тех событий, с которыми она имеет дело, при неограниченном повторении испытаний стремились к определенным пределам (и, кроме того, удовлетворяли еще некоторым добавочным требованиям, подробное изложение которых здесь было бы излишним). Вернемся к нашему примеру с игральной костью. На этот раз (и в этом — бесспорное преимущество частотной теории) нам полностью безразлично, какая это кость — правильная или неправильная. Если частота выпадения пятерки при безграничном увеличении числа бросаний стремится к определенному пределу p (и если при этом выполняются некоторые дополнительные условия), то мы говорим, что вероятность этого события существует и равна p. В противном случае мы не можем приписать выпадению пятерки никакой вероятности и просто констатируем, что все явление вообще не подведомственно теории вероятностей.

Таким образом, вопрос, какие явления обнаруживают

устойчивость частот и какие — нет, в теории Мизеса всегда решается экспериментом. О том, чтобы предвидеть устойчивость частот, исходя из закономерностей самого явления или из какой-либо его объективной «симметрии» (как это делает классическая теория), здесь запрещено думать. Мизес как бы возводит в принцип неудачи классической теории в ее попытках теоретического прогноза экспериментальной статистики и прямо объявляет безнадежными все дальнейшие усилия в этом направлении. В чем заключается причина столь часто наблюдаемой устойчивости частот, почему вероятности событий (т. е. пределы частот) получают те или другие определенные значения,— все эти и другие подобные им вопросы в частотной теории объявляются лишенными всякого смысла, их просто запрещается ставить.

Но это означает, что события сами по себе, в силу объективных свойств тех явлений, с которыми они связаны, никаких вероятностей не имеют; вероятности порождаются, согласно этой теории, не внутренними особенностями самих явлений, а *нашим экспериментированием*. Покуда никто не произвел длинной серии бросаний кости, вероятность выпадения пятерки не имеет смысла; она не характеризует собою какой-либо объективной черты явления, а только регистрирует результаты серии наших экспериментов.

Во всей этой установке мы сразу узнаем гносеологическую концепцию Эрнста Маха в ее самом чистом виде: понимание научной закономерности не как найденной нами объективной черты действительного мира, а как удобной формы регистрации экспериментальных данных. Здесь нет надобности доказывать, что махистская теория познания в науке есть разновидность идеалистической гносеологии,— это исчерпывающим образом доказано В. И. Лениным. Но необходимо самым серьезным образом привлечь внимание советских ученых к этой стороне учения Мизеса. Если среди наших математиков это учение, насколько нам известно, сторонников не имеет (главным образом по причине своих чисто математических пороков), то среди физиков оно, как уже упоминалось, до сих пор пользуется значительным успехом. Нам неоднократно приходилось вступать по этому поводу в горячие споры с представителями нашей физической науки; можно отметить и ряд прямых высказываний в этом направлении в нашей физической литературе. Например, в своей книге «Статистическая физика» (Гостехиздат, 1944), в целом подходящей к решению физических задач с вполне правильных позиций, академик Леонтович открыто высказывается в пользу теории Мизеса (см. стр. 23—24).

* * *

Резюмируя теперь создавшееся положение вещей, мы видим, что идеалистическая философия, нащупав ряд слабых мест в обосновании теории вероятностей, широким фронтом ведет свое наступление, стремясь использовать всякую лазейку, всякое временно создавшееся затруднение в теоретико-познавательном обосновании этой науки.

В предыдущем мы констатировали следующее:

1. Классическая теория поставила себе целью определение вероятностей событий, основывающееся на объективной структуре явлений (симметрия); однако она оказалась бессильной объяснить устойчивость реальных частот и предвычислить эти частоты на основе своих концепций. С другой стороны, охватываемый ее основными понятиями круг явлений оказался чрезвычайно узким.

2. Наличие недостающих звеньев в цепи теоретического обоснования теории вероятностей создало в классической теории слабое место, чем немедленно воспользовалась идеалистическая теория познания, стремясь заполнить создавшиеся пробелы рассуждениями в своем духе.

3. Частотная теория, критикуя основные недостатки классической теории, противопоставила этой теории агностический отказ от обоснования статистических закономерностей из объективных особенностей самих явлений. Об объективных причинах устойчивости и количественных значений частот, с ее точки зрения, запрещается спрашивать. Таким образом, в теоретико-познавательном отношении частотная теория занимает отчетливо выраженную махистскую позицию.

Таково создавшееся положение, и мы теперь должны поставить вопрос, какова же правильная позиция?

Мы много раз подряд бросаем правильную игральную кость и регистрируем, что частота выпадений пятерки очень близка к $^1/_6$. Мы вновь и вновь повторяем опыт и всегда получаем один и тот же результат. Если мы мыслим материалистически, то мы не можем сказать: «Пятерка выпадает в одной шестой всех бросаний потому, что *у нас нет оснований ожидать* различных частот для различных граней», но мы не можем сказать, следуя махистской частотной теории, и так: «Устойчивая частота $^1/_6$ выпадения пятерки дана нам многократным опытом; дело теории вероятностей — принять этот результат как базу для дальнейших расчетов, все же рассуждения о причинах этого результата стоят вне „положительной“ науки». Если мы мыслим материалистически, то мы будем исходить из твердой уверен-

ности, что неизменно получаемый нами опытный результат имеет совершенно определенные причины в объективной природе, в закономерностях, управляющих ходом самого явления, и что при достаточном развитии науки он может быть и должен быть полностью объяснен, исходя из свойств этой закономерности. Если классическая теория, пытаясь итти по этому пути, потерпела неудачу, то это никак не может опорочить самого пути, который с точки зрения материалистической теории познания остается единственно правильным. Неудача классической теории свидетельствует лишь о том, что к решению поставленной задачи она подошла со слишком примитивными средствами.

Материалист не может и в других подобных случаях сомневаться в том, что на каждом шагу наблюдаемая нами в массовых явлениях устойчивость частот имеет всякий раз совершенно определенные причины, заложенные в самой объективной природе, в закономерности этих явлений и обусловливающие собою не только устойчивость, но и числовые значения соответствующих частот. Материалист не будет иметь сомнений и в том, что создание метода, позволяющего, исходя из закономерности тех или других массовых явлений, выводить устойчивость и определять числовые значения частот участвующих в них событий, есть одна из методологически важнейших задач теории вероятностей.

Первые шаги к созданию такого метода в нашей науке уже сделаны. Принципиальная возможность объективно-научного предвидения устойчивости и числовых значений реальных частот твердо установлена; в дальнейшем расширение круга применений найденного метода может в основном встретить лишь математические трудности технического характера, правда в наши дни еще довольно значительные.

* * *

Рассмотрим в качестве первого примера несколько упрощенную схему игры в рулетку. Исторически это была первая задача, успешно решенная новым методом; простота ее обусловлена тем, что здесь в основе явления лежит механическая система с одной степенью свободы.

Материальная точка («шарик») движется по окружности, длину которой мы ради простоты примем равной 1. Движение начинается в некоторой определенной точке O и всегда в одном и том же направлении, но начальная скорость v в различных испытаниях может быть различной. Трением и другими рассе-

ивающими энергию факторами мы пренебрегаем, так что скорость v остается постоянной в течение всего опыта. По истечении некоторого (большого) промежутка времени t шарик внезапно останавливается.

Окружность, служащая траекторией шарика, разделена на $2n$ (на практике 36) равных частей, попеременно окрашенных в красный и черный цвета. Обозначим через A событие, состоящее в том, что шарик остановится на участке красного цвета. Так как промежуток времени t, в течение которого происходит движение, предполагается точно определенным, то место остановки шарика зависит только от начальной скорости v. Эта последняя, как уже было сказано, может быть различной в различных экспериментах, вследствие чего и место остановки шарика от испытания к испытанию будет меняться. Следовательно, событие A (остановка шарика на участке красного цвета) в одних случаях будет наступать, а в других — нет. Непосредственное впечатление, рождаемое соображениями симметрии, подсказывает нам, что в длинной серии испытаний следует ожидать наступления события A примерно в половине всех случаев, иначе говоря, следует ожидать, что вероятность события A равна $^1/_2$. Но это лишь субъективно-психологическая догадка. Наша задача — теоретически обосновать это предположение, исходя из известного нам, в данном случае очень простого механизма явления.

На первый взгляд мы встаем здесь перед непреодолимой трудностью. Наступление или ненаступление события A в отдельном эксперименте целиком зависит от выбранной начальной скорости. Частота события A в длинной серии испытаний зависит поэтому от того, как часто мы, экспериментируя, выбирали те или другие начальные скорости, т. е. зависит, как говорят, от *закона распределения* начальных скоростей. Но непосредственно ясно, что этот закон может быть весьма различным в различных условиях опыта. Дается ли практически шарику начальный толчок мускульным усилием человеческой руки или каким-либо механическим или электрическим приспособлением, во всех случаях этот инструмент, приводящий шарик в движение, будет иметь свои «излюбленные» значения начальной скорости, которым он отдает предпочтение перед другими, т. е. будет иметь свой закон распределения начальных скоростей. Ясно, что закон этот будет весьма сильно меняться от одного инструмента к другому, а между тем именно этот закон, и только он, определяет собою частоту события A. Как же при этих условиях мы можем рассчитывать, совершенно не зная закона распределения начальных скоростей,

найти некое универсальное значение этой частоты, существенным образом зависящей от неизвестного нам закона?

Попытаемся, однако, приступить к делу. Пусть в некоторой длинной серии экспериментов закон распределения начальных скоростей таков, что частота значений начальной скорости, заключенных в промежутке между v_1 и v_2, равна $\int\limits_{v_1}^{v_2} f(v)dv$. Делая такое допущение, мы, конечно, идем на некоторую идеализацию нашего эксперимента, так как на самом деле число испытаний всегда конечно. Идеализация эта, однако, практически вполне допустима при очень большом числе испытаний, а теоретически полностью соответствует обычному стилю приложений математического анализа к реальным задачам. При этом функция $f(v)$ должна, разумеется, удовлетворять требованиям

$$f(v) \geqslant 0 \qquad (0 \leqslant v < +\infty); \qquad \int\limits_0^\infty f(v)\,dv = 1,$$

где интеграл мы будем понимать в смысле Лебега; в остальном функция $f(v)$ может быть произвольной.

Посмотрим теперь, каково должно быть значение начальной скорости v для того, чтобы наступило событие A. Если начальная скорость шарика равна v, то путь, пройденный им за все время движения t, равен vt. Мы разделили окружность, по которой движется шарик, на n дуг, причем у каждой из этих дуг одна (допустим, первая) половина красная, а другая черная; длина каждой такой дуги равна $1/n$. Путь vt, пройденный шариком, состоит из некоторого целого числа k таких дуг и некоторой добавочной части $\lambda\left(0 \leqslant \lambda < \frac{1}{n}\right)$, так что

$$vt = \frac{k}{n} + \lambda \qquad \left(0 \leqslant \lambda < \frac{1}{n}\right), \tag{1}$$

где k — целое число. Очевидно, событие A наступит (шарик остановится на красном участке), если $\lambda < \frac{1}{2n}$; напротив, если $\lambda \geqslant \frac{1}{2n}$, шарик останавливается на второй, черной половине дуги, что мы будем называть событием B (A и B — «противоположные события»).

Так как из (1) следует, что $v = \frac{k}{nt} + \frac{\lambda}{t}$, то мы приходим к следующему выводу: для того, чтобы состоялось событие A, необходимо и достаточно, чтобы начальная скорость была заключена между k/nt и

$$\frac{k}{nt} + \frac{\frac{1}{2n}}{t} = \frac{k + \frac{1}{2}}{nt},$$

где k — целое число; таким образом, событие A наступает всякий раз, когда начальная скорость v принадлежит одному из отрезков

$$\left(\frac{k}{nt}, \frac{k+\frac{1}{2}}{nt}\right) \qquad (k = 0, 1, \ldots).$$

Напротив, если v принадлежит одному из отрезков

$$\left(\frac{k+\frac{1}{2}}{nt}, \frac{k+1}{nt}\right) \qquad (k = 0, 1, \ldots),$$

то наступает событие B. Так как частота попадания начальной скорости в отрезок $(v_1 v_2)$ по определению равна $\int\limits_{v_1}^{v_2} f(v)\, dv$, то мы находим

$$p(A) = \sum_{k=0}^{\infty} \int\limits_{k/nt}^{\left(k+\frac{1}{2}\right)/nt} f(v)\, dv,$$

$$p(B) = \sum_{k=0}^{\infty} \int\limits_{\left(k+\frac{1}{2}\right)/nt}^{(k+1)/nt} f(v)\, dv,$$

где $p(A)$ и $p(B)$ соответственно означают частоты событий A и B. Так как

$$\int\limits_{\frac{k+1/2}{nt}}^{\frac{k+1}{nt}} f(v)\, dv = \int\limits_{\frac{k}{n'}}^{\frac{k+1/2}{nt}} f\left(v + \frac{1}{2nt}\right) dv \qquad (k = 0, 1, \ldots),$$

то

$$|p(B)-p(A)| = \left| \sum_{k=0}^{\infty} \int\limits_{k/nt}^{\left(k+\frac{1}{2}\right)/nt} \left[f\left(v+\frac{1}{2nt}\right) - f(v) \right] dv \right| \leqslant$$

$$\leqslant \sum_{k=0}^{\infty} \int\limits_{k/nt}^{\left(k+\frac{1}{2}\right)/nt} \left| f\left(v+\frac{1}{2nt}\right) - f(v) \right| dv \leqslant$$

$$\leqslant \int\limits_{0}^{\infty} \left| f\left(v+\frac{1}{2nt}\right) - f(v) \right| dv.$$

В силу известного свойства суммируемых функций, последний интеграл стремится к нулю при $t \to \infty$; поэтому

$$p(B) - p(A) \to 0 \qquad (t \to \infty);$$

но мы имеем всегда $p(A) + p(B) = 1$; увеличивая неограниченно промежуток времени t, получаем

$$p(A) \to \frac{1}{2}; \qquad p(B) \to \frac{1}{2}.$$

Мы пришли таким образом к результату, вполне удовлетворительно решающему поставленную задачу: мы убедились, что, *каков бы ни был закон распределения начальных скоростей* (лишь бы он был абсолютно непрерывным), *при больших t частота события A будет иметь значение, близкое к* $^1/_2$.

Тот способ, которым мы только что решили задачу о рулетке, получил название *метода произвольных функций*, так как в основе его лежит идея — исходя от *произвольной* функции распределения для начальных данных, показать, что устойчивость и числовое значение частоты некоторого события в длинной серии испытаний могут быть отсюда установлены из объективных особенностей самого явления, причем значение частоты не зависит от исходной произвольной функции.

Метод произвольных функций принципиально может быть распространен на сколь угодно сложные консервативные механические системы[1]. Описывая состояние такой системы

---

[1] В действительности мы почти всегда имеем дело с рассеивающими, а не консервативными механизмами; так, уже в случае рулетки шарик постепенно замедляет свое движение вследствие трения, а не останавливается внезапно. Рассеивающие механизмы также могут быть исследуемы методом произвольных функций, но соответствующие задачи значительно сложнее.

заданием значений ее гамильтоновых переменных $q_1, q_2, \ldots$ $\ldots, q_s; p_1, p_2, \ldots, p_s$, мы можем рассматривать эти значения как совокупность декартовых координат некоторой точки P пространства $2s$ измерений, которое называют *фазовым пространством* данной системы. Если в некоторый момент t_0 система находится в состоянии, изображаемом точкой P (мы будем кратко говорить: в состоянии P), то в момент $t_0 + t$ она будет находиться в совершенно определенном другом состоянии P_t, которое однозначно определяется уравнениями движения системы. Таким образом, все фазовое пространство как бы постоянно находится в состоянии некоего стационарного движения. Известная теорема Лиувилля учит при этом, что объем тел, а следовательно, и лебегова мера множеств фазового пространства являются инвариантами этого его «естественного движения», так что движение фазового пространства подобно движению несжимаемой жидкости (именно в силу этого важнейшего свойства и выбирают обычно в рассмотрениях этого рода гамильтоновы динамические переменные.)

Допустим теперь, что мы предпринимаем серию экспериментов следующего типа: берем «наудачу» начальное состояние P нашей системы и предоставляем ей эволюционировать согласно уравнениям движения (т. е. согласно «естественному движению» фазового пространства); затем, через совершенно определенный промежуток времени t, «останавливаем» систему и регистрируем, принадлежит ли то состояние P_t, в котором мы ее нашли, некоторому совершенно определенному множеству A точек фазового пространства; если принадлежит, то мы констатируем, что «событие» A состоялось, в противном случае — что оно не состоялось.

Легко видеть, что к этой схеме приводятся все элементарные «механические» задачи теории вероятностей (рулетка, монета, игральная кость, игла Бюффона и т. п.), если, разумеется, отвлечься от ряда побочных явлений и, в частности, от неконсервативности соответствующих механизмов.

Таким образом, событие A и промежуток времени t для всех экспериментов одни и те же, так что друг от друга эксперименты отличаются лишь выбором начального состояния P. Ясно, таким образом, что частота события A в длинной серии испытаний зависит от закона распределения начальных состояний P (закона распределения начальных скоростей в случае рулетки). В порядке идеализации мы и здесь, как в случае рулетки, заменим длинную конечную серию экспериментов континуальным множеством их и допустим, что законом распределения начальных состояний служит любой абсолютно непрерывный

закон распределения в фазовом пространстве; другими словами, доля экспериментов, в которых начальное состояние P принадлежит некоторому измеримому множеству M фазового пространства Γ, принимается равной $\int_M f(P)dv$, где dv — элемент объема пространства Γ, а $f(P)$ — любая суммируемая функция, удовлетворяющая требованиям

$$f(P) \geqslant 0 \, (P \in \Gamma); \qquad \int_\Gamma f(P)\, dv = 1.$$

Событие A, как мы уже говорили, состоит в том, что точка P_t, в которую P переходит по истечении некоторого времени t, принадлежит некоторому определенному множеству, которое удобно обозначать также через A. Совокупность точек пространства Γ, которые по истечении времени t попадут на множество A, удобно обозначить через A_{-t} (в силу теоремы Лиувилля, множества A и A_{-t} имеют одинаковую меру). Тогда, очевидно, частота наступления события A может быть выражена интегралом

$$\int_{A_{-t}} f(P)\, dv. \tag{2}$$

Для устойчивости этой частоты необходимо, чтобы написанный интеграл, при $t \to \infty$, стремился к определенному пределу, независимо от выбора закона распределения $f(P)$ начальных состояний системы; если это требование выполняется, мы можем, очевидно, считать устойчивость частот события A теоретически установленной и называть упомянутый предел *вероятностью* события A.

Так как вероятность события A не зависит от выбора функции $f(P)$, то мы можем, в частности, выбрать функцию $f(P)$ пропорциональной характеристической функции $\varphi_B(P)$ некоторого измеримого множества B положительной меры $\mathfrak{M}(B)$, т. е. функции, равной 1, если $P \in B$, и равной нулю в противном случае. Очевидно, тогда

$$f(P) = \frac{\varphi_B(P)}{\mathfrak{M}(B)},$$

и для интеграла (2) мы получаем выражение

$$\frac{1}{\mathfrak{M}(B)} \int_{A_{-t}} \varphi_B(P)\, dv = \frac{1}{\mathfrak{M}(B)} \int_\Gamma \varphi_{A_{-t}}(P)\, \varphi_B(P)\, dv.$$

Но $\varphi_{A_{-t}}(P)\,\varphi_B(P)$ есть очевидно характеристическая функция пересечения $A_{-t}\,B$ множеств A_{-t} и B.

Поэтому интеграл (2) равен

$$\frac{1}{\mathfrak{M}(B)}\int\limits_{\Gamma}\varphi_{A_{-t}B}(P)\,dv=\frac{\mathfrak{M}(A_{-t}B)}{\mathfrak{M}(B)}\;;$$

а так как, в силу теоремы Лиувилля,

$$\mathfrak{M}(A_{-t}B)=\mathfrak{M}(AB_t),$$

где B_t — множество, в которое переходит множество B по истечении времени t, то для устойчивости частот события A необходимо существование предела

$$W(A)=\lim_{t\to\infty}\frac{\mathfrak{M}(AB_t)}{\mathfrak{M}(B)},$$

а также независимость этого предела от множества B (положительной меры). Так как $\mathfrak{M}(AB_t)$ означает меру совокупности тех точек множества B, которые по истечении времени t попадут на множество A, то последний результат получает простой геометрический смысл. Чтобы частота события A была устойчивой, необходимо выполнение следующего условия: каково бы ни было множество B положительной меры, в естественном движении фазового пространства оно должно (метрически) постепенно распределяться между множеством A и остальной частью пространства Γ в некоторой совершенно определенной пропорции, одной и той же для всех множеств B и зависящей поэтому только от множества A.

Можно было бы легко доказать, что для устойчивости частот события A это условие является вместе с тем и достаточным, т. е. что из него следует существование предела указанного типа для интеграла (2). В формулировке самого условия можно (что иногда очень облегчает конкретные приложения) ограничиться рассмотрением, вместо любых множеств B положительной меры, каких-либо тел простой формы (сфер или параллелепипедов соответствующего числа измерений).

В указанной нами форме метод произвольных функций дает уже возможность непосредственного подхода как к общим задачам, так и к конкретным случаям проблемы теоретического обоснования устойчивости частот на базе тщательного исследования закономерности соответствующих явлений. Здесь не сделано еще почти ничего, и открывается непочатый край для

работы. Даже среди консервативных механизмов исследованы лишь самые простые; анализ же значительно более важных рассеивающих механизмов еще почти не начат. Метод произвольных функций отнюдь не обязательно ограничивать сферой явлений узкомеханической природы; он может и должен найти и иные применения — по своей природе он приложим к любому явлению, подчиняющемуся определенным закономерностям.

Успехи метода произвольных функций означают практическую возможность окончательного освобождения теории вероятностей от идеалистических тенденций, все еще не преодоленных до конца.

Б. М. КЕДРОВ

ПРОТИВ «ФИЗИЧЕСКОГО» ИДЕАЛИЗМА В ХИМИЧЕСКОЙ НАУКЕ

(Критика идеалистических и механистических теорий в органической химии)

Гениальный труд И. В. Сталина «Марксизм и вопросы языкознания» дал могучий толчок развитию всех областей науки, вооружил и вдохновил советских ученых на смелые творческие исследования. В замечательном сталинском указании о том, что «никакая наука не может развиваться и преуспевать без борьбы мнений, без свободы критики», сформулирован закон развития передовой науки. Труд И. В. Сталина дает новый образец проведения принципа партийности марксистской философии. Подобно тому, как И. В. Сталин разоблачил антимарксистские воззрения Марра в языкознании, столь же беспощадно надо разоблачать всякого рода идеалистические и метафизические воззрения в других областях науки.

Работа И. В. Сталина «Марксизм и вопросы языкознания» служит классическим примером того, как надо раскрывать специфические закономерности изучаемых явлений, иными словами, каков должен быть подлинно научный, творческий подход к их изучению. В этой связи исключительно большое принципиально-методологическое значение имеет указание товарища Сталина на то, что у общественных явлений, кроме общего, имеются свои специфические особенности, которые отличают их друг от друга и которые более всего важны для науки. Это сталинское указание направлено против вульгаризаторских, упрощенческих попыток строить всякого рода антинаучные, идеалистические и метафизические схемы, игнорирующие качественные особенности, специфику различных явлений. Подобные попытки подменить изучение специфических закономерностей явлений общими идеалистическими и метафизическими схемами имеют место и в современной химии.

В современной химии на очередь дня выдвигаются те же философские вопросы, которые были в центре прошедших

дискуссий в области биологии и физиологии. Речь идет, во-первых, о защите и проведении последовательно материалистической линии в вопросах современного естествознания и, во-вторых, о защите и развитии того вклада в науку, который внесен нашими великими отечественными учеными. В области химии обе эти задачи сходятся в одном пункте, а именно в вопросе об отношении к теории химического строения А. М. Бутлерова, о том, в каком направлении надо разрабатывать бутлеровское научное наследство. Не случайно проповедники идеалистической и механистической «теории резонанса» в химии игнорируют теорию Бутлерова, считают, что «теория резонанса» призвана заменить или даже отменить теорию Бутлерова как якобы устаревшую. Здесь речь идет о борьбе с позиций субъективного идеализма, агностицизма и механицизма против материалистических основ и диалектического характера бутлеровской теории. Уже в силу одного этого «теория резонанса» как одна из разновидностей идеализма в химии заслуживает самой суровой критики и разоблачения. Чтобы глубже разобраться в этом вопросе, надо подойти к нему конкретно, исторически. В. И. Ленин учит, что в каждом конкретном случае необходимо «самостоятельно, с своей точки зрения, проанализировать как всю историю данного спора (марксизм, *то есть* диалектическая логика, требует этого безусловно), так и весь подход к вопросу, всю постановку — или, если хотите, все направление постановки — вопроса в данное время, при данных конкретных обстоятельствах»[1]. Такой подход необходим и при анализе современной борьбы между основными философскими направлениями в химии; эта борьба, происходящая в совершенно иной обстановке вокруг проблем современной органической химии, вместе с тем в некоторых отношениях связана с борьбой между материализмом и идеализмом, которая велась в химии лет сто тому назад. В деле разоблачения и разгрома реакционных воззрений в современной органической химии огромную роль сыграла та критика, которой была подвергнута в советской печати идеалистическая теория резонанса и мезомерии, а также состоявшееся в июне 1951 г. Всесоюзное совещание по теории химического строения органических соединений[2].

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 32, стр. 73.

[2] См. «Состояние теории химического строения в органической химии». Всесоюзное совещание 11—14 июня 1951 г. Стенографический отчет АН СССР, М., 1952. Освещению итогов этого совещания была посвящена наша статья, опубликованная в № 19 журнала «Большевик» за 1951 г.

БОРЬБА А. М. БУТЛЕРОВА ПРОТИВ ИДЕАЛИЗМА, АГНОСТИЦИЗМА И МЕХАНИЦИЗМА В ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ XIX В.

С начала XIX в. химия разделилась на две качественно различные области: на неорганическую химию, объектом которой служили сравнительно более простые химические соединения, главным образом кислоты, основания, соли и различные соединения элементов (кроме углерода), и на органическую химию, объектом которой служили более сложные, так называемые углеродистые соединения. Эти углеродистые соединения в процессе своего усложнения приводят к живой природе, к носителю жизни — белку. При отсутствии резкой, абсолютной грани между органической и неорганической химией неорганические и органические вещества все же отличаются друг от друга в качественном отношении достаточно определенно. В дальнейшем нас будут интересовать главным образом органические соединения.

В 40 и 50-х годах XIX в. в органической химии господствовала так называемая «теория типов», созданная французским химиком Жераром. В философском отношении эта теория была агностической; ее сторонники отрицали возможность познания истинного строения (структуры, или конституции) молекул, т. е. отрицали возможность определения взаимного расположения атомов внутри молекулы, взаимной связи атомов между собой. Более того, самое существование атомов химики-агностики ставили под сомнение. Они утверждали, будто атомы введены лишь для «удобства», но реально не существуют. В 1844 г. против этих идеалистических установок горячо выступил Герцен. Он возмущался тем, что в введениях к курсам физики и химии делаются предупреждения, «что естествоиспытателям, собственно, дела нет, в самом ли деле тела состоят из крупинок чрезвычайно неделимых, невидимых, но имеющих свойства, объем и вес, или нет,— что их принимают так, для удобства»[1]. «Если откровенно выразиться, то это можно назвать цинизмом в науке»,[2]— писал Герцен.

«Теория типов» приводила к агностицизму, к идеализму путем механистического истолкования химических явлений. Название этой теории произошло от того, что каждое химическое превращение органического вещества она подводила под определенный тип неорганического соединения: тип воды, тип хлористого водорода и т. д. Тем самым «теория типов» сводила —

[1] А. И. Герцен. Избранные философские произведения, т. I, 1948, стр. 107.
[2] Там же, стр. 108.

в духе механицизма — сложные процессы, совершающиеся в органической химии, к более простым реакциям, изучаемым неорганической химией. В этом сказывалась тесная связь между идеализмом и механицизмом в химии. Таким образом, уже тогда борьба идеализма против материализма в химии являлась вместе с тем борьбой против диалектики.

Поскольку «типисты», т. е. сторонники «теории типов», отрицали возможность познания строения молекулы, а наиболее ярые из них отрицали и самое существование такого строения, они тем самым заранее исключали всякую возможность выразить единой формулой строение какой-либо молекулы.

«Типисты» говорили, что познать действительное строение молекул химики не могут, но они могут описывать отдельные химические превращения вещества; каждое такое реальное превращение выражалось особой, чисто эмпирической формулой в зависимости от того, под какой «тип» подходило описываемое превращение. Таких формул у каждого органического вещества насчитывалось по нескольку. «Типисты» отнюдь не считали эти формулы отображающими взаимное расположение атомов в молекуле, порядок их взаимной связи между собой. Напротив, эти формулы рассматривались только как сугубо условные, эмпирические, как описание определенных химических реакций вещества — и только. Например, в 50-х годах XIX в. для уксусной кислоты насчитывалось 12 типических формул. К тому же «типисты» подчеркивали, что по химическим свойствам и превращениям вещества абсолютно нельзя судить о его атомном строении. Это вело к прямым идеалистическим выводам о том, что реально атомов не существует, что химические формулы — это только удобное средство описания химических свойств и превращений вещества.

В 50-х годах XIX в. в органическую химию было введено понятие валентности (единицы сродства или связи между атомами); в соответствии с этим было предложено новое начертание химических формул при помощи черточек, изображающих связи между атомами. Тогда же немецкий химик Кекуле ввел представление о 4-валентности углерода и о способности атомов углерода образовывать цепи. В результате появились новые, «структурные формулы», вместо прежних «типических». Но Кекуле продолжал оставаться горячим приверженцем основного пункта старых, типических воззрений, гласившего, что химическая формула не есть отображение действительного строения молекулы. К этому присоединилось еще одно обстоятельство: новоиспеченные «структурщики» из числа последователей Кекуле, сохранив свою приверженность к основам

«теории типов», стали еще больше защищать и проповедывать механицизм. В понятии валентности они видели лишь выражение чисто количественной стороны связей между атомами, лишь единицы сродства, но не хотели видеть качественную сторону, выражающуюся во взаимном влиянии атомов и в изменении их химических особенностей под этим влиянием. Не желая видеть качественную сторону химических явлений, «структурщики»-механисты сводили все отношения между атомами к чисто количественным, геометрическим отношениям атомов, а химию — к механике. Они рассуждали так: атомы — это неизменные кирпичи мироздания; подобно тому как путем различного расположения одних и тех же кирпичей можно соорудить различные постройки, в которых сами кирпичи остаются без изменений, так точно в результате различного расположения и сочетания атомов образуются различные вещества, в которых сами атомы не подвергаются никаким изменениям. При этом качественные различия веществ являются, по мнению механистов, лишь кажущимися; объективно же, как утверждали механисты, эти различия не существуют, ибо они сводятся целиком к чисто механическим, внешним отношениям атомов. Тем самым и химия сводится к обычной механике.

Против такого «сведе́ния» химии к обычной механике решительно возражал еще Энгельс. Приведя определение Кекуле, что механика есть наука о массах, физика — наука о молекулах, химия — наука об атомах, Энгельс писал: «...Когда один английский журнал («Nature») придал вышеприведенному положению Кекуле такой вид, что механика — это статика и динамика масс, физика — статика и динамика молекул, химия — статика и динамика атомов, то, по моему мнению, такое безусловное сведе́ние даже химических процессов к чисто механическим суживает неподобающим образом поле исследования, по меньшей мере в области химии. И тем не менее это сведе́ние стало столь модным, что, например, у Геккеля... „современная физиология... дает в своей области место только физико-химическим, или *в широком смысле слова* механическим, силам“»[1].

В теории Кекуле, как и в теории Жерара, механицизм не только переплетался с идеализмом, но и порождал его гносеологически. Этим еще раз подтверждается замечательное положение В. И. Ленина о том, что «прямолинейность и односторонность, деревянность и окостенелость, субъективизм и субъективная слепота voilà [вот.— *Б. К.*] гносеологические корни идеализма»[2].

---

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1950, стр. 200.
[2] В. И. Ленин. Философские тетради, 1947, стр. 330.

Против механистических и агностических установок «теории типов», установок, поддерживаемых Кекуле и его сторонниками, против механицизма и субъективизма «структурщиков»-механистов выступил со всей резкостью великий русский химик А. М. Бутлеров, продолживший материалистические традиции Ломоносова в химии. Своей теорией химического строения, выдвинутой в 1861 г., Бутлеров нанес сокрушительный удар одновременно и агностикам-типистам и их союзникам — «структурщикам»-механистам. Бутлеров исходил из того, что истинное строение вещества вполне познаваемо и что структурная формула есть отражение атомного строения молекулы. Это означало, что Бутлеров признавал возможность познать сущность химических явлений, возможность выразить единое вещество, единую молекулу в виде единого же их отображения — графической формулы, указывающей порядок связи и взаимного влияния атомов и молекул. Требуя, чтобы единое органическое соединение было выражено единой структурной формулой, Бутлеров писал: «Для каждого тела возможна будет, в этом смысле, лишь одна рациональная формула, и когда сделаются известными общие законы зависимости химических свойств тел от их химического строения, то подобная формула будет выражением всех этих свойств»[1].

Поэтому, когда вместо 12 различных типических формул для уксусной кислоты была введена, согласно теории химического строения, одна общая структурная формула, Бутлерову было ясно, что эта формула отражает собою реальные связи атомов в молекуле. В зависимости от того, какие связи между атомами разрываются, одна и та же единая молекула претерпевает различные превращения, которые раньше описывались особыми типическими формулами. В противовес химикам-агностикам, утверждавшим, что о строении молекулы нельзя судить по ее реакциям, Бутлеров указывал, что «можно, с достаточной вероятностью, делать заключения о химическом строении вещества по его превращениям и, наоборот, предвидеть до некоторой степени свойства тела, имеющего определенное, известное химическое строение»[2].

Твердая материалистическая позиция Бутлерова в вопросах теории строения вещества разбивала агностические измышления «типистов» и «структурщиков».

---

[1] А. М. Бутлеров. Избранные работы по органической химии. 1951, стр. 78.

[2] А. Бутлеров. Введение к полному изучению органической химии. Казань, 1864, стр. 672.

Бутлеров выступал не только против идеализма в химии, но и против механицизма. Теория Бутлерова исходит из единства количественных и качественных изменений в строении молекул. Центральное ее положение состоит в признании, что атомы в молекуле не просто внешним образом сцепляются между собой наподобие механических систем, но химически влияют друг на друга, качественно видоизменяясь в результате своего взаимного влияния. «Химические отношения каждого элементарного пая (т. е. атома.— *Б. К.*), находящегося в сложном теле,— писал Бутлеров, — определяются, с одной стороны, его натурой и способом химического помещения в частице, с другой — натурой, количеством и химическим расположением остальных паев, заключенных в той же частице»[1]. Вот почему Бутлеров, в отличие от «структурщиков»-механистов, говорил не просто о строении молекулы, а о ее *химическом* строении, не просто о связи атомов между собой, а о такой связи, которая предполагает химическое взаимодействие между атомами, их химическое взаимное влияние друг на друга. Он подчеркивал: «Этот порядок взаимнодействия (способ взаимной химической связи элементарных паев в частице.—*Б. К.*) можно назвать *химическим строением* частиц»[2]. Этим отмечалась, игнорируемая механистами-«структурщиками», качественная сторона в строении молекулы. В XIX в. идеи Бутлерова о взаимном влиянии атомов, связанных между собою в органической молекуле, были развиты дальше, в особенности В. В. Марковниковым.

Теория Бутлерова имела громадное познавательное и практическое значение. Будучи подлинно научной теорией, она не только обобщала и объясняла уже известные факты, но и освещала путь новым экспериментальным исследованиям, служила верным компасом для химического эксперимента. Бесчисленное множество предугаданных ею веществ и явлений, открытых или созданных химиками-органиками, которые руководствовались и продолжают руководствоваться этой теорией, служит наглядным доказательством ее правильности, ее соответствия объективной реальности, ее плодотворности. Бутлеровская теория стала научной основой всей органической химии. Именно этой теории органическая химия обязана своими грандиозными успехами начиная со второй половины XIX в.

Итак, теория Бутлерова отвергла агностические и механистические установки химиков XIX в., она доказала, во-первых, что каждое индивидуальное органическое вещество (но не смесь

---

[1] Там же.
[2] Там же, стр. 46.

различных веществ) может быть выражено единой структурной формулой, отражающей действительное атомное строение молекулы этого вещества, и, во-вторых, что расположение атомов в молекуле не есть только их внешнее, механическое сочетание, а есть также их химическое взаимодействие, взаимное влияние, изменяющее их качественное состояние.

БОРЬБА ПРОТИВ ИДЕАЛИЗМА И АГНОСТИЦИЗМА «ТЕОРИИ РЕЗОНАНСА» В СОВРЕМЕННОЙ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Идеализм мезомерийно-резонансной теории выражается в отрицании возможности создать единый структурный образ молекулы, выразив его любым графическим способом в виде единой формулы сколь угодно сложной. Иначе говоря, речь идет о принципиальном отрицании возможности отобразить единый химический объект в виде единого образа. Автором «теории резонанса» является американский химик Л. Паулинг.

Что же он выдвигает взамен отбрасываемого основного материалистического положения бутлеровской теории? Идею резонанса, т. е. идею одновременного существования у органической молекулы, например у бензола, нескольких совершенно фиктивных «состояний» или «структур» и их якобы квантово-механического взаимодействия между собою. При этом утверждается, будто каждое такое «состояние» может быть выражено особой формулой. Истинное же строение молекулы, как утверждают сторонники «теории резонанса», якобы не может быть выражено ни одной из этих формул, а выражается их комбинацией, их набором или чем-то средним между ними. Следовательно, по «теории резонанса», нужно для какого-либо индивидуального, единого вещества сразу написать несколько формул, выражающих различные его «состояния» или стороны, а затем начать при помощи особых математических приемов комбинировать их друг с другом[1].

Когда-то «типисты» утверждали, будто нельзя строение органической молекулы выразить единой структурной формулой, а необходим целый набор формул, выражающих различные превращения этих молекул. Точно так же и сторонники «теории резонанса» утверждают ныне, что невозможно одной формулой, одной структурной моделью выразить ту или иную сложную органическую молекулу, а необходим набор различных формул, выражающих различные «структуры» или «состояния»

---

[1] См. Л. Паулинг. Природа химической связи. 1947, стр. 22, 129.

одной и той же молекулы, будто бы «резонирующие» каким-то странным образом между собою.

Агностицизм заключен здесь именно в отрицании возможности в едином образе отразить единый объект, следовательно, познать этот объект в его внутреннем единстве. Такие же агностические установки широко распространены в современной зарубежной физике. Родственным «теории резонанса» в этом отношении является так называемый «принцип дополнительности», выдвинутый Нильсом Бором и широко пропагандируемый Гейзенбергом. Суть этого принципа состоит в отрицании принципиальной возможности охватить одним представлением (или понятием) противоречивые стороны микрообъектов, например их волновые и корпускулярные свойства, т. е. понять микрообъект и как частицу и как волну одновременно. Иначе говоря, «принцип дополнительности» утверждает невозможность познать и отразить противоположности в их диалектическом единстве.

Вместо этого Бор предлагает метафизически отражать каждую из двух противоречивых сторон действительности в отдельности, в отрыве одна от другой, допуская при этом, что другой противоположности вовсе не существует. После этого оба полученные таким образом метафизически односторонние отображения нужно якобы «сложить», соединить между собою, эклектически «дополнить» одно другим, и тогда-то составится правильное представление об изучаемом предмете. В более расширительном толковании принципа дополнительности такими взаимоотрицающими, несовместимыми положениями, по Бору и Гейзенбергу, должны считаться основные формы бытия (пространство и время), с одной стороны, и наличие закономерных связей (причинности), с другой; таким образом, «дополняющие» друг друга картины микромира оказываются в равной степени идеалистически извращенными. В одном случае якобы получается вневременное и внепространственное «бытие», а в другом — индетерминизм. И все это возводится буржуазными реакционными физиками в некий принцип.

В этой связи необходимо особо остановиться на порочном философском истолковании так называемого «принципа суперпозиции» в квантовой механике, который имеет своим исходным пунктом то же признание принципиальной невозможности познать и отобразить в единстве различные стороны (или «состояния») микрообъекта (например, фотона, электрона, атома, молекулы.) Теперь каждый буржуазный физик-теоретик пытается выдвинуть в качестве фундаментального для квантовой механики какой-либо «принцип» с обязательным его идеали-

стическим истолкованием; и если Бор и Гейзенберг видят этот принцип в идее «дополнительности», то английский физик Дирак видит его в идее «суперпозиции»[1].

Свою главную работу, посвященную основам квантовой механики, Дирак как раз начинает с изложения своего принципа суперпозиции. Нас интересует сейчас философская трактовка этого принципа, которую дает сам Дирак. В первом издании своей книги «Основы квантовой механики» Дирак подходит к изложению «принципа суперпозиции» со стороны анализа понятий волны и частицы. Отрицая возможность описать правильно связь между частицами и волнами, отобразить их единство и объяснить движение микрочастиц, Дирак пишет: «Волны и частицы должны рассматриваться как две абстракции, полезные при описании одной и той же физической реальности. Не следует думать, что в реальном физическом мире существуют *и* волны *и* частицы... Квантовая механика стремится только формулировать свои законы таким образом, чтобы из них можно было заключить совершенно однозначно, что́ именно должно случиться при тех или иных заданных экспериментальных условиях. Было бы бесполезно и бессмысленно стремиться проникнуть в отношения между частицами и волнами глубже, чем требуется для достижения этой цели»[2].

Выдвинув такое откровенно махистское положение, Дирак в порядке «обобщения» переходит к формулировке «принципа суперпозиции». Он пишет, что изложенное им представление об описании физической реальности с помощью частиц и волн «является лишь частным случаем более общего принципа — *принципа суперпозиции*». Более общий принцип состоит в признании «какого-то наложения друг на друга (*суперпозиции*) двух или большего числа состояний»[3]. Субъективно-идеалистический характер этого принципа и связанный с ним отказ от

---

[1] Следует подчеркнуть, что идея «суперпозиции» в ее понимании Дираком не имеет ничего общего (кроме названия) с известным физическим принципом суперпозиции волн. Под суперпозицией обычно понимается физическая характеристика реальных, объективно существующих волн, способных взаимодействовать (налагаться) друг с другом, тогда как у Дирака в «суперпозиции» оказываются не реальные объекты, но результаты их измерения наблюдателем; эти-то результаты измерений он именует «состояниями». Поэтому критика дираковского «принципа суперпозиции» в квантовой механике отнюдь не ставит под сомнение возможность применения вообще в физике весьма плодотворной идеи суперпозиции волн. Критике подвергается лишь махистское истолкование этой идеи Дираком.

[2] П. Дирак. Основы квантовой механики. 1932, стр. 10.

[3] Там же, стр. 15.

проникновения в сущность явлений микромира и усугубляются тем, что Дирак прямо связывает свой принцип суперпозиции в квантовой механике с индетерминизмом, что приводит к проповеди «свободы воли» у электрона и к прочей чертовщине.

Во втором издании своей книги Дирак еще более углубил идеалистическую трактовку «принципа суперпозиции». Уже в самом начале изложения этого принципа он обрушивается на закон причинности. Приведем несколько его высказываний на этот счет: «...Мы должны пересмотреть наши представления о причинности. Закон причинности может применяться только к системе, которая не подвергается возмущениям... В квантовой теории имеет место принципиальный индетерминизм... Не следует думать, что отсутствие детерминизма в квантовой теории есть нечто, заслуживающее сожаления. В рациональной окончательной теории строения материи детерминизм обязательно должен отсутствовать»[1].

На такой махистской «методологической» основе Дирак воздвигает свой принцип суперпозиции состояний, именуя его одним из наиболее фундаментальных и наиболее «поразительно точных» законов природы.

Такова ничем не прикрытая махистская трактовка «принципа суперпозиции» его автором. Ни Паулинг, автор теории резонанса, ни его последователи не делают столь откровенных и столь далеко идущих махистских выводов, какие делают Бор, Гейзенберг, Дирак и следующие за ними «физические» идеалисты. Тем не менее, между защищаемой Паулингом и его последователями «теорией резонанса», с одной стороны, и принципами «дополнительности» и «суперпозиции», с другой — имеется глубокая философская связь: все эти «принципы» и «теории» строятся на общей гносеологической основе агностицизма — на отрицании принципиальной возможности в едином представлении отобразить изучаемый микрообъект в его внутреннем единстве. Отрицая такую возможность, и «теория резонанса» Паулинга, и «принцип дополнительности» Бора — Гейзенберга, и «принцип суперпозиции» Дирака предлагают, вместо единого представления о едином объекте, говорить лишь о независимом отражении его отдельных сторон (волн и частиц), отдельных «состояний», отдельных «структур», после чего говорить о сложении, взаимном «дополнении», «наложении» (суперпозиции), «резонировании» и т. д. этих метафизически односторонних представлений об изучаемом микрообъекте, искажающих действительность, иногда же вовсе не отражающих ее.

---

[1] П. Дирак. Основы квантовой механики. 1937, стр. 12.

Субъективно-идеалистический характер следствий, вытекающих из такого хода рассуждений, заключается в том, что — согласно указанным «теориям» и «принципам» — дополняют друг друга, налагаются и резонируют между собой не сами реальные микрообъекты, а лишь мысленные представления о них, точнее — об их отдельных сторонах, причем в случае резонанса речь идет о чисто фиктивных образах, которым не соответствует никакая объективная реальность. Именно об этом и пишет Уэланд, указывая, что «идея резонанса является умозрительной концепцией в большей степени, чем другие физические теории. Она не отражает какого-либо внутреннего свойства самой молекулы, а является математическим способом, изобретенным физиком или химиком для собственного удобства... Нужно постоянно следить за тем, чтобы не приписывать различным резонансным структурам физический смысл, которого они не имеют»[1]. Так решает Уэланд вопрос об объективной реальности резонансных структур. Он подчеркивает: «Но *структуры* между которыми имеется резонанс, являются обычно только мысленными построениями; несмотря на это, они полезны для понимания истинного состояния рассматриваемых молекул»[2]. Итак, по Уэланду, резонанс как физическое явление совершается с такими структурами, которые существуют лишь в нашей голове как мысленные конструкции. Это — чистейший идеализм.

Об «удобствах» и «пользе» своей теории пишет и Паулинг. Между тем «теория резонанса», как не отражающая вовсе, даже хотя бы искаженно, объективной действительности, лишена всякой полезности, всякого удобства. Махистский характер «теории резонанса», равно как и принципов «суперпозиции» и «дополнительности», состоит, однако, не в признании того, что они полезны и удобны для измерительно-вычислительных операций в области квантовой механики, а в том, что эти вспомогательные, иногда придуманные только «ради удобства», математические построения превращаются в некоторые самостоятельно взаимодействующие между собой «резонирующие» системы, подменяя собою объективную действительность, реально существующий и изучаемый нами микрообъект (например, молекулу органического вещества). В этой подмене объекта его субъективным (даже фиктивным, как в случае резонанса) образом — главный философский порок всех пере-

---

[1] Дж. У. Уэланд. Теория резонанса и ее применение в органической химии. 1948, стр. 49.

[2] Там же, стр. 18.

численных выше «теорий» и «принципов», в этом их махизм, а вовсе не в том, что объявляются их мнимые удобства и полезность для тех или иных расчетных целей.

Из сказанного ясно, что с гносеологической и методологической сторон «теория резонанса», «принцип дополнительности» и «принцип суперпозиции» представляют собой *одну линию*, одно направление, а именно идеалистическое направление в современной физике и химии.

«Теория резонанса», будучи махистской, связана с обоими другими «принципами», а потому может строиться на любом из этих двух «принципов»—дополнительности или суперпозиции.

Вот почему с такой легкостью сторонники «теории резонанса» Я. Сыркин и М. Дяткина не только восприняли «принцип суперпозиции» как некую непреложную истину, но и положили его в основу пропагандируемой ими «теории резонанса», более того, отождествили этот принцип с нею.

По своему существу «теория резонанса» представляет собою попытку распространить на органическую химию принцип суперпозиции со всем его философским, гносеологическим истолкованием в духе идеализма и агностицизма. Исходной посылкой при этом служит допущение, что органическую химию в принципе можно свести к квантовой механике, за основу которой и принимается дираковский принцип суперпозиции. Но так как такое «сведéние» невозможно, то вся эта затея оказывается бесплодным, пустопорожним, вредным занятием, от нее остается лишь один агностицизм и субъективный идеализм, привнесенный в органическую химию вместе с дираковским принципом суперпозиции.

СОВРЕМЕННЫЙ МЕХАНИЦИЗМ КАК СОЮЗНИК «ФИЗИЧЕСКОГО» ИДЕАЛИЗМА

Иногда под механицизмом понимают лишь ту механистическую форму материализма, которая была связана с уровнем развития естествознания XVII—XVIII вв. и которая для того времени была прогрессивной. В таком случае делается вывод, что и в наше время механисты — это материалисты, хотя и отсталые, не идущие в ногу с современной наукой и отстаивающие материалистические положения прошлой науки. Нет ничего нелепее и ошибочнее такого утверждения. Механицизм материалистов-философов и естествоиспытателей XVII—XIX вв. и даже начала XX в. был связан большей частью с материалистической теорией познания. В отличие от него современный механицизм теснейшим образом связан

с современным идеализмом в естествознании, для которого он служит гносеологическим источником. Так именно обстоит дело в современной реакционной биологии, где механицизм и метафизика гносеологически связаны с идеализмом и мистикой вейсманизма-морганизма и обслуживают их гносеологически, философски. Так, а не иначе обстоит дело и в современной реакционной физике, где механицизм прямо сросся с «физическим» идеализмом, будучи одним из гносеологических корней этого последнего. Современный механицизм в физике, это — отнюдь не призыв к механике Ньютона, к механицизму XIX в., к механическим моделям мифического «эфира» и т. д. и т. п. Нет, так могут думать лишь наивные люди, не разбирающиеся в расстановке сил современного философского фронта в естествознании. Подобно современному «физическому» идеализму, современный механицизм пытается прикрываться новейшими достижениями естествознания, выдавая свои модные раакционные положения за последнее слово науки. Если спросить современного механиста, полагает ли он, что весь мир сводится к ньютоновской механике, он ответит: нет. Ибо он проповедует на первый взгляд совершенно иную, «новую», «современную» идею, якобы вытекающую из современного состояния физической науки, из ее успехов и достижений, а именно, что весь мир сводится к квантовой механике, что все его закономерности исчерпываются закономерностями движения электронов и других «элементарных» частиц, которые изучаются квантовой механикой. Что же в таком случае может быть общего между современным механистом и механистом XVII, XVIII и XIX вв.? Постараемся ответить на этот вопрос.

В действительности, современный механицизм с *философской, методологической* стороны есть лишь новое издание механицизма XVII—XIX вв. В самом деле: чтó представляет собой механицизм как философское течение, независимо от того, в какую тогу рядятся его защитники и проповедники? *Механицизм есть отрицание специфических особенностей и закономерностей высших форм движения материи*, есть попытка отрицать эти их особенности и закономерности, подменить их особенностями и закономерностями низших форм движения. Эта подмена и это отрицание специфических, качественных особенностей высших форм движения материи принимают в механицизме конкретную форму «сведéния».

Такое «сведéние» выступает, во-первых, как «сведéние» качественных различий к чисто количественным, вследствие чего автоматически зачеркиваются вообще всякие качественные, специфические особенности у предметов природы и обще-

ства; во-вторых, механистическое «сведе́ние» выступает как «сведе́ние» высшего к низшему, сложного к простому, причем речь идет при таком «сведе́нии» именно об отрицании специфических особенностей высших форм, о том, что все такие особенности носят лишь кажущийся характер, что они не существуют объективно, а целиком исчерпываются низшими формами и их закономерностями. При этом вовсе не обязательно, чтобы высшие формы сводились к механике: например, социальные дарвинисты и мальтузианцы, будучи типичными идеалистами-механистами, сводят закономерности общественного развития к биологическим; энергетики, последователи Оствальда, в духе того же механицизма, сводят общественные и биологические закономерности к физико-химическим, к учению о сохранении и превращении энергии и т. д. и т. п. Наконец, в-третьих, механистическое сведе́ние выступает как «сведе́ние» целого к простой сумме частей, как отрицание специфической закономерности целого (например, коллектива) и утверждение, что закономерность целого есть простое суммирование тех закономерностей, которым подчиняются отдельные индивидуумы. «Сведе́ние» целого к простой сумме частей лежит в основе так называемого «принципа аддитивности», универсализированного и неправильно распространенного на такие явления, где развитие отнюдь не представляет собою простого количественного роста (арифметического сложения), а происходит диалектически, в порядке превращения количественных изменений в качественные. Типичным примером механицизма в этом его проявлении может служить реакционная идеалистическая клеточная теория Вирхова, согласно которой целое (живой организм, индивид) есть простая сумма независимых клеток, есть «федерация клеточных государств».

В этом «сведе́нии» качественных различий к количественным, высшего к низшему, целого к сумме частей — суть всякого механицизма, в том числе и современного механицизма, который сводит весь мир к квантовой механике, в отличие от механицизма XVIII в., который сводил весь мир к ньютоновской механике. Различие обоих видов механицизма лишь в том, что в XVIII в. он был грубым, упрощенным, а в XX в. стал более утонченным, завуалированным; суть же того и другого одна и та же: «сведе́ние», сведе́ние» и еще раз «сведе́ние»...

Гениальный труд И. В. Сталина «Марксизм и вопросы языкознания» вооружает советских ученых на борьбу против всех и всяческих реакционных течений в современной науке, в том числе и против механицизма. Говоря об общественных явлениях, И. В. Сталин учит, что, кроме общего, у общественных

явлений «имеются свои специфические особенности, которые отличают их друг от друга и которые более всего важны для науки»[1]. Это сталинское положение относится не только к общественным явлениям, но и к явлениям природы. Изучение специфических, качественных особенностей различных форм движения материи как раз и составляет важнейшую задачу отдельных естественных наук, что отмечал еще Энгельс. Своим острием приведенное сталинское положение направлено против вульгаризаторов от науки, против сторонников пустого схематизаторства и механицизма. В самом деле: механицизм как раз и отрицает своим пресловутым «сведéнием» специфические особенности у изучаемых явлений, предлагая стричь все и вся под одну гребенку, подгонять все явления природы под закономерности низшей формы движения. Подчеркивая, что именно специфические особенности явлений, следовательно их качественные различия, более всего важны для науки, И. В. Сталин наносит сокрушительный удар по механицизму вообще, по современному механицизму в частности, во всех проявлениях этого антинаучного, реакционного течения.

Необходимо остановиться на одной особенности современного механицизма, отличающей его от механицизма XVII—XIX вв. Как уже было сказано, старый механицизм был в основном связан с тогдашним материализмом и придавал этому последнему своеобразную форму — форму механистического материализма. Как и всякая метафизика, механицизм и тогда уже обусловливал возможность идеалистической трактовки изучаемых явлений, оставляя лазейки для идеализма и агностицизма. Отрицание или непонимание диалектического характера развития природы, неразрывности связи между материей и движением логически приводило механистов XVII—XVIII вв. к признанию пресловутого «первоначального толчка» во всех областях естествознания. Идея первоначального, божественного толчка, якобы сообщенного планетами, явилась у Ньютона логически необходимым следствием его общего метафизического, механистического взгляда на природу. Неудачи с попытками свести более сложные явления природы, в частности явления жизни, к механике порождали и питали гносеологически, с одной стороны, всякого рода виталистические идеи, а с другой — агностицизм в форме утверждений Дюбуа Реймона: Ignorabimus («не узнаем»). Объявление качественных, специфических различий в природе лишь кажущимися вело непосредственно к субъективизму, к локковскому делению

[1] И. В. Сталин. Марксизм и вопросы языкознания, стр. 35.

свойств на *первичные*, объективно присущие вещам (геометрические формы, количественные признаки, механическое движение и т. д.), и на *вторичные*, якобы не существующие объективно и носящие субъективный характер (все собственно качественные различия). Тем не менее, несмотря на то, что уже и тогда механицизм обслуживал и питал идеалистические выводы в качестве их гносеологического источника, все же в целом он был связан тогда со старым, механистическим материализмом.

Новым по сравнению с XVII—XIX вв. обстоятельством в развитии естествознания XX в., в частности физики, является то, что механицизм порвал свои прежние связи с материализмом и выступает сейчас в теснейшем союзе с идеализмом в качестве его гносеологического оруженосца. Изменившаяся историческая обстановка, изменившиеся условия идеологической борьбы в области естествознания обусловили это изменение роли механицизма и его места в философской борьбе. Те, кто пытается рассматривать современный механицизм как разновидность материализма, хотя и грубого, упрощенного, отсталого, но все же материализма, поступают как догматики, игнорирующие изменение условий философской борьбы в естествознании, наступившее в эпоху империализма и пролетарских революций. Злейшего врага материализма, верного слугу идеализма и поповщины — современный механицизм — они предлагают рассматривать чуть ли не как нашего союзника. И. В. Сталин пишет. «Так бывает всегда с начётчиками и талмудистами, которые, не вникая в существо дела и цитируя формально, безотносительно к тем историческим условиям, о которых трактуют цитаты, неизменно попадают в безвыходное положение»[1].

Новым в развитии естествознания в эпоху империализма и пролетарских революций по сравнению с предшествующей исторической эпохой было возникновение кризиса физики и всего естествознания. «*Суть* кризиса современной физики,— писал Ленин,— состоит в ломке старых законов и основных принципов, в отбрасывании объективной реальности вне сознания, т. е. в замене материализма идеализмом и агностицизмом. «Материя исчезла»— так можно выразить основное и типичное по отношению ко многим частным вопросам затруднение, создавшее этот кризис»[2].

Формула «материя исчезла» связана, как показал Ленин, с тем, что в современной физике все бóльшую и бóльшую роль

---

[1] И. В. Сталин. Марксизм и вопросы языкознания, стр. 52.
[2] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 245.

приобретает математика, а это есть следствие того, что все больше и больше раскрывается количественная сторона физических явлений. Когда механист начинает сводить к этой количественной стороне качественную основу физических явлений, то, как следствие такого «сведе́ния», получается одностороннее раздувание математических представлений в физике при игнорировании материальных носителей тех отношений, которые подвергаются измерению и математической обработке и получают математическое выражение. В итоге получается так, будто математические отношения существуют без физического субстрата. В связи с этим еще Энгельс указывал, что механицизм ведет к пифагорийскому идеализму, к мистике чисел, что уже Пифагор «рассматривал число, количественную определенность, как сущность вещей»[1].

В. И. Ленин видел в математизации физики одну из причин кризиса физики и появления «физического» идеализма. Он писал: «Такова первая причина «физического» идеализма. Реакционные поползновения порождаются самим прогрессом науки. Крупный успех естествознания, приближение к таким однородным и простым элементам материи, законы движения которых допускают математическую обработку, порождает забвение материи математиками. «Материя исчезает», остаются одни уравнения. На новой стадии развития и, якобы, по-новому получается старая кантианская идея: разум предписывает законы природе»[2].

БОРЬБА ПРОТИВ МЕХАНИЦИЗМА ТЕОРИИ РЕЗОНАНСА В СОВРЕМЕННОЙ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Современные механисты из числа защитников «теории резонанса» объявляют теорию Бутлерова «устаревшей». Рассмотрим вкратце их доводы. Органическая молекула состоит из атомов, атом — из ядер и электронов, химическая связь осуществляется при помощи электронов, находящихся в наружных слоях атомной оболочки; движение же электронов в атоме подчиняется законам квантовой механики. Обо всем этом не знали и не могли знать химики XIX в., в том числе и Бутлеров. Теория Бутлерова была создана 90 с лишним лет назад. С тех пор наука, особенно физика, сделала гигантский шаг вперед. Теперь, заключают современные упразднители бутлеровской теории,

---

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1950, стр. 203.
[2] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 294.

органическая химия сводится к квантовой механике. Но именно этот вывод является в корне ложным и порочным.

Хотя с момента создания теории Бутлерова и прошло уже много времени, она в своей основе не только не устарела, но продолжает оставаться теоретическим фундаментом органической химии до настоящего времени. Этот замечательный факт объясняется тем, что своей теорией Бутлеров выразил основную специфическую закономерность всех органических соединений, всех превращений органического вещества.

За время, протекшее после создания теории Бутлерова, было сделано немало выдающихся открытий в области физики; например, была открыта частица отрицательного электричества — электрон, входящая во все атомы, следовательно и в атомы, образующие органические молекулы; была открыта дискретная (прерывистая) природа света, состоящего из квантов, или фотонов и т. д. Все это помогало глубже развить теорию Бутлерова; но это отнюдь не отменяло и не заменяло ее; ибо эти и другие физические открытия касались более простых, низших, качественно отличных от органических веществ ступеней развития материи; физика, как и механика, отнюдь не исчерпывает качественного своеобразия и специфики закономерностей, изучаемых органической химией. Вот почему подавляющее большинство современных химиков-органиков, пользующихся до сих пор, особенно в своих экспериментальных исследованиях, теорией Бутлерова в ее современном виде, достигают выдающихся научных успехов в своей области. Можно назвать замечательный синтез искусственного каучука, осуществленный академиком С. В. Лебедевым в 30-х годах нашего века, блестящие работы в области синтеза красителей, химико-фармацевтических препаратов, искусственного волокна, искусственного жидкого топлива, смазочных, клеевых и других веществ (работы академиков Н. Д. Зелинского, А. В. Фаворского, А. Е. Арбузова, А. Е. Порай-Кошица, Н. Я. Демьянова, Н. Е. Кижнера, П. П. Шорыгина, В. М. Родионова, А. Н. Несмеянова, Б. А. Казанского и их школ). Все это является блестящим подтверждением на практике истинности бутлеровской теории. Будучи обогащена данными физики и в первую очередь электронными и квантово-механическими представлениями, позволяющими углубить и развить дальше химические взгляды на природу химической связи и химического взаимодействия между атомами в органической молекуле, теория Бутлерова в еще большей степени помогает и будет помогать химикам создавать все новые и новые органические вещества и проникать все глубже и глубже в их химическое строение.

Критикуя «механическую» концепцию, Энгельс подчеркивал: «Всякое изменение она объясняет перемещением, все качественные различия — количественными...»,[1] она утверждает, будто все качественные различия вызываются различиями в числе и пространственной группировке тождественных мельчайших частиц материи.

Следуя методу своих предшественников, современные физики- и химики-механисты объявили, что с открытием электронов можно и нужно сводить все остальные формы движения материи к движению электронов. Они говорят: раз все вещи в мире состоят из тождественных электронов, то почему нельзя свести весь мир к движению этих электронов, а все высшие закономерности движения материи свести к закономерностям движения электронов?

Борясь против идеализма и механицизма в физике, подчеркивая, что электрон так же неисчерпаем, как и атом, Ленин писал: «Когда весь мир сведут к движению электронов, из всех уравнений можно будет удалить электрон именно потому, что он везде будет подразумеваться, и соотношение групп или агрегатов электронов сведется к взаимному ускорению их,— *если бы формы движения были так же просты, как в механике*»[2]. Подчеркнутые нами слова Ленина показывают, что Ленин отнюдь не считал возможным такое «сведѐние», ибо совершенно ясно, что химические процессы, не говоря уже о явлениях жизни, общества и мышления, отнюдь не так просты, как в механике.

Разумеется, открытие электронов и фотонов вызвало колоссальный прогресс во всех областях химии, в том числе и в органической химии. Было бы ребячеством и обскурантизмом отрицать необходимость всестороннего и глубокого учета электродинамических и квантово-механических процессов, происходящих в органических молекулах, ибо самая связь между атомами осуществляется, как известно, через движение и взаимодействие валентных электронов (самых наружных в электронной оболочке атома).

Однако, как и в XIX в., вновь встает тот же вопрос: сводятся ли сложные химические процессы и взаимодействия, совершающиеся в органическом веществе, к этим электродинамическим и квантово-механическим явлениям? Или они подчиняются своим собственным, качественно отличным, специфическим закономерностям, не сводимым к другим закономерностям более простых, физических форм движения материи?

---

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1950, стр. 201.
[2] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 275. (Курсив наш.—*Б. К.*)

К современной постановке этого вопроса принципиально вполне приложимо то, что по аналогичному поводу писал Энгельс 70—80 лет назад. Исходя из того, что каждая из высших форм движения всегда необходимым образом связана с каким-нибудь действительным механическим движением (включая и движение мельчайших частиц материи), Энгельс приводил в качестве примера то, что «органическая жизнь невозможна без механического, молекулярного, химического, термического, электрического и т. д. изменения. Но наличие этих побочных форм не исчерпывает существа главной формы в каждом рассматриваемом случае. Мы, несомненно, „сведем“ когда-нибудь экспериментальным путем мышление к молекулярным и химическим движениям в мозгу; но разве этим исчерпывается сущность мышления?»[1]. Далее Энгельс критикует тезис механистов о сведении всех форм движения материи к механическому движению. «Всякое дижение заключает в себе механическое движение, перемещение больших или мельчайших частей материи; познать эти механические движения является *первой* задачей науки, однако лишь *первой* ее задачей. Но это механическое движение не исчерпывает движения вообще. Движение — это не только перемена места; в надмеханических областях (лежащих вне обычной механики — механики макротел.— *Б. К.*) оно является также и изменением качества»[2].

Приведенные положения Энгельса показывают несостоятельность современных механистических и идеалистических теорий в химии, ибо эти теории пытаются нацело свести специфические закономерности органической химии к квантовой механике на том основании, что все атомы состоят из электронов, а электроны движутся и взаимодействуют по законам квантовой механики.

Между тем никакие новые открытия в области изучения низших, более простых форм движения материи не отменяют и не могут отменить или заменить собою ранее открытые специфические закономерности высших, более сложных форм движения материи.

Позиция современных противников теории Бутлерова из числа химиков и физиков состоит именно в отрицании специфики закономерностей высших форм движения материи, в том числе не только органических веществ, но и самой жизни. Современные механисты пытаются свести закономерности высших форм к закономерностям низших форм движения, заменить

---

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1950, стр. 197.
[2] Там же, стр. 201.

законы органической химии законами квантовой механики. Это есть чистейшей воды механицизм и вместе с тем идеализм, связанный с отрицанием объективных закономерностей органической химии. «Теория резонанса» представляет собою одну из таких именно попыток — и далеко не единственную — подорвать с позиций идеализма и механицизма значение бутлеровской теории в качестве теоретической основы органической химии, объявив о «сведéнии» отражаемых ею закономерностей к квантовой механике.

Насколько тесно переплетаются между собою однотипные идеалистически-механистические направления, действующие в физике, химии и биологии, можно показать на примере книги физика-квантовика и «физического» идеалиста Э. Шредингера «Что такое жизнь с точки зрения физики». Шредингер пытается свести по-вейсманистски биологические процессы, составляющие основу жизни, к генам, гены — к органическим молекулам, из которых они образованы, а органические молекулы — к квантово-механическим образованиям. Следовательно, Шредингер пытается свести жизнь к квантовой механике, причем механику эту он истолковывает в духе идеализма. Иными словами, суть концепции Шредингера состоит в отмеченном уже выше механицизме, который прямо переходит в идеализм. Существенным звеном во всей этой идеалистически-механистической цепи «сведéний» служит «сведéние» к квантовой механике химизма органических, особенно белковых веществ, из которых образована вещественная основа живых организмов.

Шредингер, чтобы не было никакого сомнения в том, что он стоит в понимании жизни, а тем более органического вещества на позициях механицизма, формулирует следующее общее положение: «Мое тело функционирует как чистый механизм...»[1] Сочетая это положение с наличием духовной деятельности у человека, Шредингер резюмирует свои рассуждения откровенной поповщиной: «...Не является ли приведенное нами заключение наибольшим из того, что может дать биолог, пытающийся одним ударом доказать и существование бога и бессмертие души»[2].

Здесь, как и везде, мы видим, что современный механицизм сращивается с современным идеализмом, служит ему, «научно» обосновывает его.

Такова коренная, принципиальная противоположность взглядов диалектического материализма и взглядов реакционных буржуазных ученых по вопросу о специфичности закономер-

[1] Э. Шредингер. Что такое жизнь с точки зрения физики? 1947, стр. 122.
[2] Там же, стр. 123.

ностей органического вещества, об их «сводимости» или несводимости к законам, или принципам, квантовой механики.

Прямым следствием мнимого «сведе́ния» закономерностей жизненных процессов и органических веществ к квантовой механике является практическая бесплодность таких попыток, одной из которых, в частности, явилась «теория резонанса». В самом деле, чтобы дать практический результат, теория, если она подлинно научная теория, должна предвидеть новые, неизвестные явления и вещи и направлять экспериментальное исследование на их открытие или создание. Такова теория Бутлерова, так как она раскрывает действительную закономерность в области органической химии.

Но, естественно, возникает вопрос, можно ли предвидеть в области органической химии новые процессы и вещества, их свойства и условия их синтеза, если пользоваться теорией, которая в принципе отрицает специфику этих веществ, которая пытается «сводить» порождающие их условия к низшей, побочной для них форме движения, изучаемой квантовой механикой? Как бы хорошо мы ни знали физиологию человека, строение его тела и т. д., никогда при помощи только одних этих знаний мы не могли бы предсказать те или иные события общественной жизни, ибо закономерности этих событий качественно отличны от биологических закономерностей. Пытаясь сводить закономерности высших форм движения к низшим, химические к квантово-механическим, механисты уже тем самым исключают возможность правильно понять законы высших форм движения материи. Практическая бесплодность «теории резонанса», неспособность на деле при ее помощи предвидеть хотя бы одно новое явление в органической химии, создать хотя бы одно новое органическое вещество есть прямое и наглядное доказательство того, к чему на деле приводит такое «сведе́ние».

«Теория резонанса» реставрирует агностические и механистические установки в органической химии, разгромленные Бутлеровым еще во второй половине XIX в. Механисты XIX в. сводили органическую химию к механике и во всяком случае — к неорганической химии; исходя из своих механистических взглядов, они отрицали возможность выразить строение органической молекулы одной рациональной формулой, приходили к агностицизму, к идеализму. Современные механисты и идеалисты, и прежде всего сторонники «теории резонанса», проводят те же по существу установки, хотя и выражают их в новых терминах и формулах.

Сторонники «теории резонанса» и родственных ей теорий в принципе — прямо или в скрытом виде — провозглашают

определенное «сведе́ние» современной органической химии к квантовой механике, или к механике микрочастиц. Автор «теории резонанса» американский физико-химик Л. Паулинг также «объединяет» органическую химию с квантовой механикой, как это делает, например, Шредингер с биологией и физикой. Более того, логически продолжая такое «объединение», т. е. «сведе́ние» органической химии к квантовой механике, Паулинг переходит к биохимии, к белкам и пытается рассмотреть эту область, уже выходящую за пределы химии, с той же квантово-механической точки зрения. Он пишет: «К числу наиболее интересных научных проблем принадлежат вопросы о строении и свойствах веществ, имеющих биологическое значение. Я не сомневаюсь в том, что в этой области очень существенны явления резонанса... Исследование этих веществ при помощи методов современной структурной химии (имеется в виду «теория резонанса».— *Б. К.*) может быть начато сейчас, и я полагаю, что можно надеяться на успешные окончательные результаты»[1].

Так заканчивает Паулинг свой основной труд. Вслед за кажущимся «сведе́нием» к квантово-механическим отношениям более простых органических молекул, например молекул бензола, аналогичная задача ставится и в части белков — носителей жизни. Здесь важно не то, что правильно или неправильно понимают сам Паулинг и его последователи физические принципы квантовой механики, а то, что они, подобно Шредингеру, пытаются сводить закономерности высших форм движения материи — органическую химию и биохимию — к квантовой механике. В этом и состоит исходный порочный пункт «теории резонанса» и ее философских основ, облегчающий ей выполнять реакционную роль в современной науке.

«Сведе́ние» органической химии к физике пропагандировали у нас сторонники «теории резонанса» Я. Сыркин и М. Дяткина. В предисловии к книге «Химическая связь и строение молекулы», вышедшей в 1946 г., они заявляют: «Вместо формальной структурной теории XIX века... мы располагаем гораздо более совершенной физической теорией, которая может служить отправной точкой для дальнейшего успешного развития учения о химической связи и о строении молекул». При этом авторы имеют в виду не бутлеровскую теорию химического строения, о которой в их книге нет ни слова, а механистические воззрения таких «структурщиков»-механистов, как Кекуле и его последователи.

---

[1] Л. Паулинг. Природа химической связи. 1947, стр. 415—416.

Ссылки на воззрения Кекуле, Купера и других «структурщиков»-механистов, а не на воззрения Бутлерова, приводятся в исторической части упомянутой уже работы Паулинга. И это не случайно. Устанавливая историческую связь и преемственность между «теорией резонанса» и родственными ей теориями органической химии XIX в., Я. Сыркин и М. Дяткина, пропагандирующие ошибочную теорию Паулинга, естественно, обращаются к теории Кекуле, которая импонирует им своим механистическим, формальным характером.

Под влиянием критики Я. Сыркин вынужден был признать, что в книге его и М. Дяткиной была «вопиющая недооценка Бутлерова»[1]. Однако источников этой вопиющей ошибки Я. Сыркин не указал. Одним таким источником было у него механистическое «сведéние» органической химии к чистой физике, к квантовой механике; это выступает уже при рассмотрении исходного простейшего примера резонанса, с которого начинают излагать «теорию резонанса» ее авторы и сторонники. Таким исходным примером служит у них ион водородной молекулы (H_2^+), состоящей из трех тел: двух ядер и одного электрона. Несуществующую, мнимую закономерность, обнаруженную, как кажется сторонникам «теории резонанса», на этом простейшем физико-химическом объекте, они автоматически распространяют на органические вещества, например на бензол, молекула которого C_6H_6 состоит уже из 54 тел: 12 ядер и 42 электронов. Даже если допустить, что отношения, обнаруженные в системе из трех тел, были правильны, чего нет в случае «теории резонанса», то и здесь автоматическое распространение полученного вывода на случай системы из 54 и большего числа тел было бы не оправдано и бездоказательно, ибо совершенно ясно, что здесь количественное изменение — увеличение числа взаимодействующих тел — переходит уже в качественное различие, которое совершенно игнорируется «теорией резонанса». Ведь сложная органическая молекула не есть простая механическая сумма отдельных атомных ядер и электронов, из которых она образована, поскольку ее составные части находятся в сложнейшем взаимодействии между собою и образуют молекулу как качественно отличную от отдельных атомов, ядер и электронов форму материи. У сторонников же «теории резонанса» в сущности получается своего рода подведение органических молекул под тип водорода (неорганической молекулы), что также является своеобразным реставрированием принципиальных установок «теории типов» середины XIX в.

---

[1] «Изв. АН СССР. Отд. хим. наук», 1950, № 4, стр. 441.

Невозможность такого «сведе́ния» обнаруживается как раз при переходе от молекулы водорода к бензолу или от бензола к белку. Полное решение задачи квантово-механического расчета молекулы бензола невозможно именно потому, что здесь, в ходе усложнения взаимодействия частиц материи (электронов и ядер внутри атомов и молекул, атомов — внутри молекул), количественные изменения перешли в качественные, т. е. процесс вышел за рамки той области, где его можно было бы объяснить при помощи одних только законов квантовой механики; он перешел в качественно иную область, в область органической химии. А здесь законы квантовой механики играют уже не решающую, не главную, а лишь подчиненную, вспомогательную роль, отступая на второй план перед специфически химическими законами. Как прямое следствие выхода за пределы строгой применимости квантовой механики возникает необходимость вводить приближенные расчеты; таким приближенным расчетом и оперировала теория резонанса, вложив в него при этом чудовищно нелепое, идеалистическое содержание.

Но если квантовая механика пытается делать расчеты для *отдельных* органических молекул, то надо заметить, что химик-органик вообще имеет дело не с отдельными молекулами, а с громадной, практически неисчислимой совокупностью различных молекул, находящихся в сложнейших взаимоотношениях между собою; само представление об *отдельной* молекуле, например бензола, есть уже абстракция с точки зрения химика-органика. Рассмотрим, к примеру, процесс нитрования, как он совершается в ходе органического синтеза. Такой процесс предполагает сложнейшее взаимодействие молекул исходного вещества между собою и с молекулами нитрирующего агента, которыми являются обычно молекулы азотной кислоты, серной кислоты и воды, причем они в свою очередь находятся в сложнейшем взаимодействии между собою; кроме того, мы имеем среду, в которой находится нитруемое вещество, и должны учитывать влияние температуры, давления, не говоря уже о различного рода механических воздействиях (например, действие мешалки), о влиянии примесей, стенок сосуда и т. д. и т. п.

Вся эта сложнейшая совокупность различных химических объектов и факторов есть как раз то, с чем реально имеет дело органик-синтетик. И если квантовая механика не в силах объяснить простейших случаев, даже доведенных до предела упрощения, до предельно-абстрактных моделей отдельных органических молекул, то тем более она бессильна объяснить, исчерпать ту конкретную химическую систему веществ, с которой оперирует органическая химия на деле. Вот почему так сильно

ограничены возможности квантовой механики предсказывать явления в области органической химии. Это доказывает сама практика, сама история науки. Со дня создания бутлеровской теории (1861 г.) до смерти ее творца (1886 г.) прошло 25 лет, т. е. столько же, сколько со дня создания квантовой механики до наших дней. Между тем, какое громадное количество органических синтезов было осуществлено, какое неисчислимое множество новых веществ и их свойств было предвидено теорией Бутлерова и как сравнительно с этим ничтожно мало могла дать за это же время квантовая механика в смысле предсказания нового, чего не могла бы дать сама по себе органическая химия. Задача квантовой механики в органической химии, т. е. квантовой химии, состоит не в том, чтобы подменить собою теорию химического строения Бутлерова, а в том, чтобы дополнить эту теорию, способствовать ее дальнейшему развитию, обогащать ее новыми физическими данными. Никакой самодовлеющей роли, вне связи с теорией Бутлерова, а тем более в противопоставлении этой теории, как это было у сторонников Паулинга, квантовая механика в органической химии не играет и играть не может.

Итак, позицию сторонников «теории резонанса», да и не только их одних — характеризует отрицание специфики высших форм движения материи, в том числе и органического вещества, поскольку органическая химия якобы сводится теперь к квантовой механике. Отсюда отрицание значения теории Бутлерова.

Самое введение «теории резонанса» было связано, как подчеркивают некоторые из ее сторонников, с чисто расчетными, математическими соображениями, иначе говоря, со стремлением каким-то образом отразить количественную сторону явлений, происходящих в области органической химии. Такая односторонность прямо вытекала из механистических установок «теории резонанса».

Уэланд, ученик Паулинга, указывает, что, собственно говоря, «теория резонанса» не есть физическая теория, а лишь математический способ приближенного расчета. Если бы в руках у физиков был иной способ приближенного расчета или если бы можно было расчет производить не приближенно, а точно, то не было бы нужды в особой «теории резонанса»[1].

Из этих рассуждений ясно видно, что сами сторонники «теории резонанса» приписывают ей — насколько обоснованно, мы скажем ниже — сугубо ограниченное, количественно-расчетное назначение. Отсюда ясно также, что защитники «теории

---

[1] См. Дж. У. Уэланд. Теория резонанса..., стр. 49.

резонанса», выдавая ее за современную структурную теорию органической химии, тем самым проводят линию механицизма, линию сведе́ния качественных особенностей органического вещества к чисто количественным различиям в запасе энергии молекул, в межатомных расстояниях и т. п. Но так как сведе́ние органической химии, а тем более биохимии к квантовой механике, какое провозглашают Шредингер и Паулинг вместе со своими сторонниками, по существу невозможно, то по этой именно причине все расчетные приемы «теории резонанса», исходящие из допущения такого рода «сведе́ния», оказываются абсолютно несостоятельными, мнимыми, лишенными какого-либо объективного (физического и химического) содержания. Столь же ложными, лишенными всякого объективного, следовательно научного, значения являлись и являются все попытки построить механическую модель живого организма, несмотря даже на то, что для этой цели привлечена квантовая механика, как это имеет место у Шредингера, и речь идет не о грубой механической модели, а об утонченной, якобы основанной на достижениях современной науки квантово-механической модели. Ложность, порочность, бессодержательность любых вычислительных приемов, любых математических расчетов, произведенных на основе принципиальной допустимости «сведе́ния» органического вещества к квантово-механическим отношениям, вытекает прямо и непосредственно из ложности и порочности исходных посылок: ибо никакая математика, никакие расчеты еще ни разу не давали и никогда не дадут возможности вычислить то, чего в природе не существует и существовать не может. Именно поэтому, вопреки заявлению Уэланда, «теория резонанса» не была, не есть и никогда не будет «математическим способом приближенного расчета» действительных отношений, существующих в органической молекуле.

Именно механицизм «теории резонанса» приводит ее сторонников к агностическим, идеалистическим выводам махистского толка. В этой связи следует заметить, что в статье В. Татевского и М. Шахпаронова «Об одной махистской теории в химии и ее пропагандистах»[1] совершенно не критикуется механицизм «теории резонанса», который, как и у Шредингера, теснейшим образом связан с ее идеализмом. Это является несомненной ошибкой, требующей серьезной критики.

На примере «теории резонанса» со всей отчетливостью проявляется тот факт, что метафизика, в частности механицизм, действительно, особенно в наше время, служат идеализму, что

[1] «Вопросы философии», 1949, № 3, стр. 176.

«сведе́ние» качественных различий к количественным неизбежно порождает забвение материи (т. е. объективной реальности) математиками, ведет логически к тому, что математические построения «физических» идеалистов подменяют собой реальные, физические отношения вещей.

В «теории резонанса» первая причина «физического» идеализма, вскрытая Лениным, налицо. Авторы этой «теории» сначала выдвигают задачу вычислить при помощи квантовой механики количественную сторону химических отношений в органической молекуле (например, убыль энергии, уменьшение межатомных или межядерных расстояний) и свести к этой чисто количественной стороне всю органическую химию. С этой целью они придумывают особую, ложную «теорию резонанса»; ее назначение — создать видимость физического объяснения производимых расчетов и математических (геометрических и алгебраических) манипуляций, якобы соответствующих объективной реальности, а в действительности совершенно фиктивных. На этой основе и возникает махистское представление, что построенные по такому способу чисто математические образы могут двигаться, налагаться, резонировать и подменять собой реальный объект, т. е. органическую молекулу.

Не следует, конечно, думать, что порочность «теории резонанса» свидетельствует о том, что вообще недопустимо выяснять количественную сторону атомных отношений в органической молекуле (например, убыль энергии связи, уменьшение межатомных расстояний, степень прочности связей между различными атомами, пространственную направленность этих связей и т. п.) при помощи квантовой механики и создавать с этой целью вспомогательные представления и приемы. Напротив, постановка такой задачи не только возможна, но и прямо необходима. Следует лишь помнить об ее строгой ограниченности рамками поставленной вычислительной цели, не допуская ни малейшего уклонения в сторону ложных гносеологических и методологических выводов, отдавая себе ясный отчет в том, что речь идет об изучении с помощью квантовой механики побочной формы движения в органической молекуле.

Для современных «физических» идеалистов — сторонников всякого рода махистских принципов «резонанса» и «дополнительности» — квантовая механика послужила поводом к бегству от материализма. Химику-органику-материалисту квантовая механика служит для физического истолкования и обоснования природы химической связи, химического влияния между атомами в органической молекуле. Насколько значительна роль квантово-механических и электронных представлений

для дальнейшего развития современной органической химии, ясно уже из того, что понятие химической связи, понятие валентности являются центральными понятиями органической химии, а потому разработка их с физической стороны чрезвычайно желательна и прямо необходима. Например, квантовая механика позволила с физической точки зрения объяснить и обосновать такое важное положение, установленное органической химией в XIX в., как представление о направленной валентности. Но при всей своей значительности роль квантовой механики в органической химии является все же подчиненной, ограниченной. Никаких недоразумений философского порядка при использовании квантовой механики в органической химии не возникнет при условии, если не будет идеалистического гипертрофирования квантово-механических представлений, какое имеет место в «теории резонанса», если сами химики не будут беззаботны по части философии, если они не забудут, что, например, к одной лишь убыли энергии связи или к одному лишь сокращению расстояний между атомами отнюдь не сводится существо процессов, изучаемых органической химией.

Бороться против идеализма и механицизма в современной органической химии, защищать теорию Бутлерова и развивать ее дальше советские ученые должны с правильных философских позиций, т. е. с позиций диалектического материализма. Критика «теории резонанса» не может ограничиваться отбрасыванием одних лишь явно идеалистических формулировок, даваемых якобы на основе квантовой теории. Важно разоблачать все реакционные направления в целом, всю линию «физического» идеализма, проникшего ныне и в органическую химию. Диалектический материализм требует проведения такой линии, которая была бы материалистической, направленной против идеализма, и вместе с тем диалектической, направленной против всякого рода метафизики, в первую очередь против механицизма в органической химии, тем более, что механицизм служит идеализму, используется идеализмом, ведет к идеализму.

Взаимосвязь идеализма с механицизмом образует философскую методологическую основу «теории резонанса» и родственных ей принципов; поэтому нельзя критиковать идеализм этой «теории», не критикуя ее механицизма.

В связи с этим необходимо указать, что иногда центр тяжести всей борьбы против «теории резонанса» переносится на доказательства того, что эта «теория» не вытекает из квантовой механики. В связи с этим все внимание сосредоточивается на поисках различий между представлением о «резонансе» структур и принципом «суперпозиции состояний», при отказе от крити-

ческого материалистического анализа этого последнего принципа[1].

Нетрудно, однако, видеть, что такая критика не достигает цели, ибо не затрагивает общей философской основы «теории резонанса» и родственных ей принципов — «суперпозиции» и «дополнительности». В самом деле, вопрос о том, чем отличается принцип «суперпозиции состояний» в его махистском истолковании Дираком от представления о «резонансе» структур,— вопрос второстепенный. Для оценки философской сути «теории резонанса» в целом он не имеет решающего значения. Даже если бы «резонанс» структуры каким-то образом и кем-либо был приведен в согласие с принципом «суперпозиции», «теория резонанса» (или какая-то другая подобная ей теория) не стала бы от этого менее порочной в своем существе; ее главные пороки — стремление свести высшую, химическую форму движения к низшей, физической, отрицание принципиальной возможности отобразить единую органическую молекулу единой формулой, попытка подменить реальный объект фиктивным, придуманным ради удобства образом — остаются и в этом случае в прежней силе.

«Теория резонанса» с философской стороны есть такое же проявление идеализма и механицизма в современной органической химии, каким являлись добутлеровские и антибутлеровские теории в органической химии XIX в. «Теория резонанса» реставрирует на новый лад «сведе́ние» органической химии к механике, в данном случае к механике микрочастиц. Это «сведе́ние» приводит к математическому формализму, агностицизму и идеализму, порождает и питает разного рода лженаучные, идеалистические «теории» в химии[2].

ТЕОРИЯ МЕЗОМЕРИИ И ЕЕ СОВПАДЕНИЕ С ТЕОРИЕЙ РЕЗОНАНСА

В связи с критикой теории резонанса следует остановиться, хотя бы очень кратко, на так называемой теории мезомерии Ингольда, которая возникла еще до теории резонанса Паулинга, а впоследствии слилась с нею в единую мезомерийно-резонансную

[1] См., например, упоминавшуюся выше статью В. Татевского и М. Шахпаронова в журнале «Вопросы философии», 1949, № 3.

[2] В порядке самокритики автор считает долгом отметить ошибочность своей формулировки, касающейся характеристики электронного «резонанса» в физике, которая содержится в одной из его прежних статей (см. журнал «Большевик», № 2 за 1948 г., стр. 52). До сих пор эта ошибочная формулировка не подвергалась критике.

теорию. Теория мезомерии исходит из того, что истинное строение органической молекулы, например молекулы бензола, не может быть выражено ни одной из двух структурных формул Кекуле, а представляет собою нечто среднее между ними (мезос значит средний). Однако, поскольку обе крайние формулы оказываются, таким образом, лишенными реального значения, ибо они не выражают истинного строения молекулы, кажется нелепым рассматривать действительное строение молекулы как промежуточное между двумя фиктивными, не отвечающими действительности «структурами».

Попытка рассматривать реальную структуру молекулы с точки зрения структур, объявляемых фиктивными, более того, выводить реальную структуру из фиктивных, чрезвычайно сближает теорию мезомерии с «теорией резонанса», с которой она и в самом деле имеет много общего и с которой она впоследствии полностью слилась. Сам Паулинг указывает на то, что теория мезомерного состояния, развитая английскими и американскими химиками, имеет сходство с его теорией.

Более ясно по этому поводу высказывается Уэланд: «По мере развития квантовой механики стало ясно, что теории промежуточных стадий и мезомерии не являются просто произвольными гипотезами, какими они казались, когда были выдвинуты впервые, а выражают на химическом языке то, что называют квантово-механическим резонансом»[1].

В самой по себе идее о существовании промежуточной формы (мезомерии) не было бы ничего порочного, если бы только эта идея не связывалась с введением фиктивных, следовательно произвольных, «структур» и не сводилась к характеристике истинного строения молекулы как средней между этими фиктивными «структурами». Но если убрать эти фиктивные «структуры», то ничего промежуточного, мезомерного в истинной структуре молекулы вообще не окажется, ибо понятие «среднего» всегда предполагает наличие чего-то крайнего. А если крайнего нет, если оно только придумано ради удобства, то самое понятие среднего, мезомерного, лишается всякого смысла.

Следует категорически отвергнуть попытку некоторых товарищей объявить фиктивные формулы, введенные Ингольдом, абстракцией и на этом основании оправдать их применение в органической химии, как якобы согласное с материалистической философией. При этом делаются ссылки на известные высказывания Ленина. Однако эта попытка является от начала и до конца ложной, основанной на сплошном недоразумении. Дело

---

[1] Дж. У. Уэланд. Теория резонанса..., стр. 16.

в том, что Ленин противопоставляет подлинно научную абстракцию, играющую весьма важную положительную роль в развитии научного познания, вздорной, пустой абстракции, которая не только не играет такой роли, но прямо мешает познанию истины. Когда Ленин говорит о научной абстракции, он имеет в виду отвлечение от случайного, несущественного в познаваемом предмете, явлении и отражение в нашем мышлении той стороны данного предмета, явления, которая заключает в себе необходимое, существенное. В простейшем обобщении уже имеются элементы понятия необходимости, объективной связи природы и т. д., имеются случайное и необходимое, явление и сущность. Обобщая, «мы *отбрасываем* ряд признаков, как случайные, мы отделяем существенное от являющегося и противополагаем одно другому»[1]. Образование *научной* абстракции Ленин связывает именно с обобщением. Говоря о «*первой, элементарной* абстракции», Ленин ссылается на «„дом" вообще и отдельные дома»[2]. «Образование (абстрактных) понятий и операции с ними,— пишет Ленин,— *уже* ***включают*** в себе представление, убеждение, *сознание* закономерности объективной связи мира». И далее: «...Так уже самое простое *обобщение*, первое и простейшее образование *понятий* (суждений, заключений etc.) означает познание человека все более и более глубокой *объективной* связи мира»[3]. В связи с этим стоит замечание Ленина, что невозможно отрицать объективность понятий, объективность общего в отдельном и в особом. Исходя из того, что научные абстракции суть ступени отражения более глубокой закономерности, объективной связи мира, Ленин подчеркивает: «Абстракция *материи*, *закона* природы, абстракция *стоимости* и т. д., одним словом *все* научные (правильные, серьезные, не вздорные) абстракции отражают природу глубже, вернее, *полнее*»[4].

На эту последнюю цитату ссылаются товарищи, пытающиеся оправдать теорию мезомерии и примирить ее с материализмом. Спору нет, что понятие двух предельных структур, относительно которых истинная структура определяется как нечто среднее, есть абстракция. Но является ли выведение этого «среднего» серьезной, правильной, научной абстракцией? Рассмотрим в качестве примера понятие «идеального газа» в физике. Это понятие — абстракция; в действительности идеального газа не существует, а существуют отдельные реальные газы, свойства

[1] В. И. Ленин. Философские тетради, 1947, стр. 329.
[2] Там же, стр. 308.
[3] Там же, стр. 153.
[4] Там же, стр. 146.

которых лишь приближаются — в условиях их разрежения и отдаления от критической точки — к свойствам идеального газа. Следовательно, понятие идеального газа есть понятие о некотором предельном состоянии любого газа, газа вообще; оно отражает момент всеобщего в свойствах газов, отвлекаясь от отдельного, особенного, индивидуального, присущего отдельным конкретным газам. И если в действительности идеального газа не существует, ибо это есть абстракция, то момент общего, отраженный этой абстракцией, существует объективно, существует у газов в единстве с отдельным и особенным. В этом все дело. В естествознании момент общего обычно бывает представлен тем или иным законом, ибо, как указывал еще Энгельс: «Форма всеобщности в природе — это *закон*...»[1]. В данном случае момент общего представлен так называемыми законами идеальных газов, в частности законом Бойля-Мариотта. Отсюда самое определение идеального газа гласит, что это такой газ, который в точности следует закону Бойля-Мариотта. Таким образом, это понятие отражает собою некоторую частицу закономерной объективной связи природы и помогает познать эту связь глубже, вернее, полнее, чем представление о каком-либо индивидуальном газе. Следовательно, здесь мы имеем дело с подлинно научной, правильной *абстракцией*. Когда физики переходят от понятия идеального газа к понятию конкретного газа, они говорят об отклонении свойств этого конкретного газа от точного следования законам идеальных газов, о необходимости внесения поправок в формулу, выражающую закон Бойля-Мариотта, или, шире, в уравнение состояния газов. Эти поправки, не отменяя того общего момента, который дается законом Бойля-Мариотта, вносят в него дополнения, соответствующие индивидуальным особенностям отдельных газов. Тот факт, что момент общего (закона) при этом не отменяется и не искажается, но лишь конкретизируется, виден из того, что уравнение состояния какого-либо конкретного газа превращается в уравнение состояния идеального газа при предельном расширении газа и удалении его от критической точки. Следовательно, этим обнаруживается, что момент общего, представленный законами идеальных газов, действительно заключен в отдельном и особенном, представленных уравнением конкретного индивидуального газа.

Но Ленин пишет также и о пустых, вздорных, несерьезных, неправильных абстракциях, которые не отражают никакого объективного общего момента в познаваемых предметах, а

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1950, стр. 186.

являются вымыслом, фантазией, искажающей представление о действительной закономерности природы. Ленин указывает, например: «Вещь в себе у Канта *пустая* абстракция, а Гегель требует абстракций, соответствующих *сути*: „объективное понятие вещей составляет самую их суть“, соответствующих — материалистически говоря — действительному углублению нашего познания мира»[1]. У Канта же пустая абстракция вещи в себе искусственно, ложно разделяет природу и человека, заменяя собой прогресс нашего знания о природе, проникающего все глубже и глубже в сущность вещей. Ленин предупреждает, что существует «возможность *превращения* (и притом незаметного, несознаваемого человеком превращения) абстрактного понятия, идеи в *фантазию* (в последнем счете = бога)»[2].

Именно такое превращение и осуществляется в теории резонанса и мезомерии. Представление о мнимых «структурах», которыми оперирует эта теория, не отражает собою никакого общего момента в строении органических молекул, а есть вымысел, есть фикция, введенные лишь для чисто вспомогательных целей; фиктивные структуры в теории резонанса являются предельными по отношению к истинным структурам органических молекул не в реальном, объективном смысле, а в чисто субъективном смысле; они суть лишь плод абстракции, но не абстракция, отражающая объективную сторону реальных молекул, существенное и необходимое в их строении, общее или закон, которому подчинена взаимосвязь атомов, образующих молекулу. Будучи фикцией, придуманной ради субъективных целей, мнимые «структуры» теории мезомерии не дают правильного образа молекул в существенной части их строения, а искажают этот образ, вносят в него произвольный, субъективный момент, отсутствующий в самой действительности. Рассмотрение истинной структуры молекулы как чего-то среднего между двумя структурами, которые признаны несуществующими, и изображение ее (при помощи стрелок), как *отклонение* от этих несуществующих структур, как *смещение* плотности электронного облака, есть попытка принять за исходное, первичное не объективную реальность, а вымысел, фикцию; объективную же реальность рассматривать как нечто *производное*, вторичное по отношению к этому вымыслу, к этой фикции.

Ясно, что ничего похожего на то, что имеет место в случае подлинно научной абстракции, здесь нет и в помине: в случае идеального газа, как правильной абстракции, мы имеем дело

---

[1] В. И. Ленин. Философские тетради, 1947, стр. 65.
[2] Там же, стр. 308.

с отражением момента общего как бы в чистом виде; поэтому, по мере устранения индивидуальных особенностей у отдельных газов (реальных отклонений от их точного следования закону Бойля-Мариотта), свойства этих газов реально приближаются и к свойствам идеальных газов, как своему пределу. В теории же мезомерии предельные формулы истолкованы как фиктивные по самому существу, а потому ни о каком отклонении от них истинных структур не может быть и речи. Ясно, что здесь имеет место то самое превращение абстрактного понятия в фантазию (а в последнем счете в идеализм, в бога), против чего предостерегал Ленин. Товарищи, уцепившиеся за слово «абстракция», поступили как догматики. Они сопоставили тот факт, что мнимые «структуры» теории мезомерии суть абстракции и даже плод абстракции, с тем, что сказано у Ленина о научной абстракции, и сделали вывод, что раз абстракции в науке необходимы, то значит допустимы всякие абстракции, в том числе и абстрактные понятия о фиктивных структурах теории мезомерии. Так буквоедски был решен ими этот вопрос, вопреки существу дела, вопреки прямым указаниям Ленина на вредность пустых и вздорных абстракций, на опасность превращения абстрактных понятий в идеализм. Именно потому, что тенденции превращения абстрактных понятий в идеализм с самого начала имелись и в теории мезомерии и в теории резонанса, обе эти теории слились в конце концов вместе.

ВЫВОДЫ

1. «Теория резонанса» является субъективно-идеалистической, ибо она превращает фиктивный образ в объект; подменяет объект математическим представлением, существующим лишь в голове ее сторонников; ставит объект — органическую молекулу — в зависимость от этого представления; приписывает этому представлению самостоятельное существование вне нашей головы; наделяет его способностью двигаться, взаимодействовать, налагаться (суперпозировать) и резонировать.

2. «Теория резонанса» является агностической, ибо она в принципе отрицает возможность отражения единого объекта (органической молекулы) и его строения в виде единого структурного образа, единой структурной формулы; она отбрасывает такой единый образ единого объекта и заменяет его набором фиктивных «резонансных структур».

3. «Теория резонанса», будучи идеалистической и агностической, противостоит материалистической теории Бутлерова, как несовместимая и непримиримая с ней; поскольку теория

Бутлерова в корне противоречит всякому идеализму и агностицизму в химии, сторонники «теории резонанса» игнорировали ее и извращали ее существо.

4. «Теория резонанса», будучи насквозь механистической, отрицает качественные, специфические особенности органического вещества и совершенно ложно пытается сводить закономерности органической химии к закономерностям квантовой механики; с этим также связано отрицание теории Бутлерова сторонниками «теории резонанса», поскольку теория Бутлерова, будучи по своему существу диалектической, глубоко раскрывает специфические закономерности органической химии, отрицаемые современными механистами.

5. По своей сущности с «теорией резонанса» Паулинга совпадает теория мезомерии Ингольда, которая слилась с первой в единую мезомерийно-резонансную теорию. Подобно тому, как буржуазные идеологи собрали воедино все реакционные течения в биологии, дабы они не выступали порознь, и слили их в единый фронт вейсманизма-морганизма, так они собрали воедино реакционные течения и в органической химии, образовав единый фронт сторонников Паулинга—Ингольда. Всякая попытка отделить теорию мезомерии от «теории резонанса» на том основании, что будто теория мезомерии может быть истолкована материалистически, является грубой ошибкой, помогающей на деле нашим идейным противникам.

6. Мезомерийно-резонансная теория в органической химии представляет собою такое же проявление общей реакционной идеологии, как и вейсманизм-морганизм в биологии, как и современный «физический» идеализм, с которыми она тесно связана.

7. Задача советских ученых состоит в том, чтобы решительно бороться против идеализма и механицизма в органической химии, против низкопоклонства перед модными буржуазными, реакционными течениями, против враждебных советской науке и нашему мировоззрению теорий, таких, как мезомерийно-резонансная теория; в том, чтобы, опираясь на диалектический материализм, защищать и творчески развивать, обогащать достижениями современной науки великое бутлеровское научное наследство, составляющее теоретическую основу современной органической химии и заслуженную гордость нашей передовой отечественной науки.

СОДЕРЖАНИЕ

Печатается по постановлению Редакционно-издательского совета Академии Наук СССР

Редактор *Н. Ф. Овчинников*. Технический редактор *Н. А. Невраева*

*

РИСО АН СССР № 5139. Т-03694. Издат. № 3472. Тип. заказ № 316.
Подп. к печ. 10/VII 1952 г. Формат бум. 60×92 1/16. Печ. л. 36.
Бум. л. 18. Уч.-издат. л. 35,5. Тираж 20000.
Цена по прейскуранту 1952 г. 22 р. 80 к.

2-я тип. Издательства Академии Наук СССР. Москва, Шубинский пер., д. 10

ОПЕЧАТКИ И ИСПРАВЛЕНИЯ

Страница	*Строка*	*Напечатано*	*Должно быть*
129	19 сн.	$6 \cdot 6 \cdot 10^{-27}$	$6{,}6 \cdot 10^{-27}$
180	1 сн.	от его реальной	его от реальной
229	14 сн.	вовременной	современной
276	3 сн.	в природе?	в природе.
321	2 сн.	$H = \text{rot}\,\overline{A}$,	$H = \text{rot}\,A$,
463	1 сн.	протока.	потока.
506	6 сн.	*частиц*	*частиц*,
526	17 сн.	разновозможных	равновозможных
552	17 св.	раакционные	реакционные
553	6 сн.	сведе́ние»	«сведе́ние»